E. FISCHBEIN

5+
F 61

CUM CUNOAȘTEM LUMEA

EDITURA TINERETULUI

Scuola med. de fete nr. 22
Bucureşti
r. 30.261
BIBLIOTECA

BIBLIOTECA „GHEORGHE LAZĂR"
Bucureşti

57
F 61

30.261
BIBLIOTECA

E. FISCHBEIN

Cum cunoaştem lumea

EDITURA TINERETULUI – 1958

BIBLIOTECA „GHEORGHE LAZĂR" Bucureşti

VERIFICAT

Coperta şi desene: N. MOROŞANU

١٥٢٠٥٦

30.261
BIBLIOTECA

Cît de simplu pare!

Ți-ai tras scaunul lîngă masă, ai deschis cartea, prima pagină ți-a apărut... Cît de simplu pare! Zărești masa și cărțile de pe ea, simți scaunul pe care șezi, în mînă ai creionul. De afară, din stradă, pătrund glasurile vesele ale copiilor, zgomotele vehiculelor, pașii trecătorilor. Fereastra e deschisă și adierea de april aduce mirezmele pomilor înfloriți.

Citești, te simți bine... Cît de simplu pare!

Și, totuși, în aceste cîteva clipe, numai în aceste cîteva clipe, ce neînchipuit de complicate operații au fost necesare pentru ca vestile lumii de afară să pătrundă pînă la dumneata, să ajungă la dumneata și să ți se dezvăluie ca fapte cunoscute!

Ce înseamnă a cunoaște? *Ce simplu pare și, totuși, cît e de complicat! Eu* văd *masa*, văd *cartea*, aud *zgomotele străzii*, miros *parfumul florilor*, simt în mînă *creionul. Aceste lucruri există așadar, există undeva, mai aproape sau mai departe de mine, eu îmi dau seama de existența lor. Masa există, cartea există, trecătorii, pomii, creionul există. Dar se mai întîmplă încă ceva.* Eu știu *că toate acestea există.*

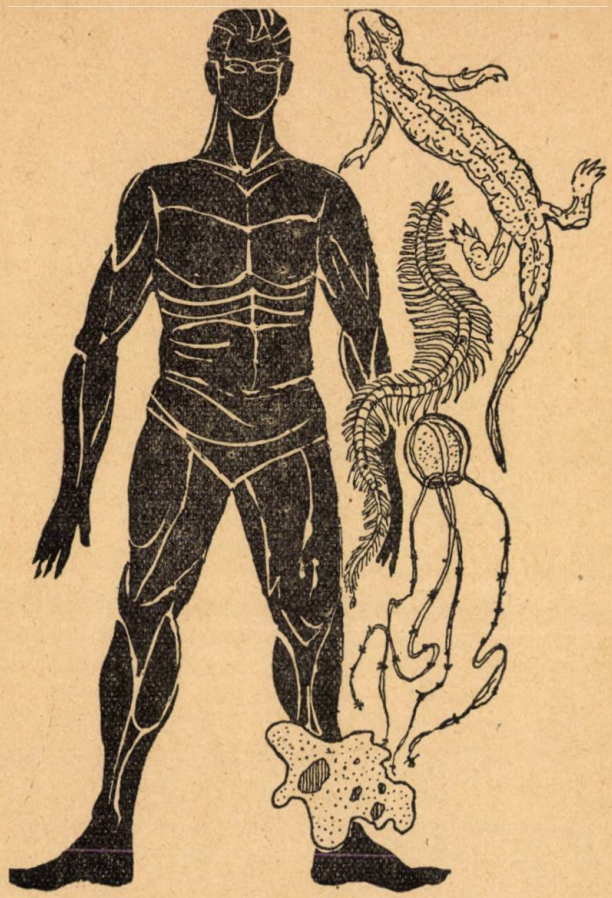
Cum, prin ce miracol, clădirea de peste drum, pasărea din înaltul cerului, masa de lîngă mine mi se dezvăluie ca chipuri, *ca* imagini *ale mele, ca știri ale mele despre aceste lucruri?*

Pe ce căi ajung la mine informațiile despre toate acestea? Prin ce mijloace, prin ce operații sînt aceste

GEORGHE LAZĂR
Bucureşti
BIBLIOTECA

informații detectate, înregistrate, descifrate și la urmă unificate sub forma unor imagini pe care eu le trăiesc nemijlocit: văd *pasărea*, văd *cartea*, aud *vehiculele*, miros *florile*, simt *atingerea creionului?*

Natura a cheltuit milioane și milioane de ani pînă să ajungă la aceste minunate aparate de recepționare, de reconstruire a imaginilor de care fiecare din noi facem uz neîncetat fără a le lua prea mult în seamă. Poate că cititorul va accepta să cheltuiască din timpul său cîteva ceasuri și o oarecare doză de răbdare pentru a afla cîte ceva despre ele.



Viața descifrează mesajele lumii

BIBLIOTECA „GHEORGHE LAZĂR" — Bucureşti

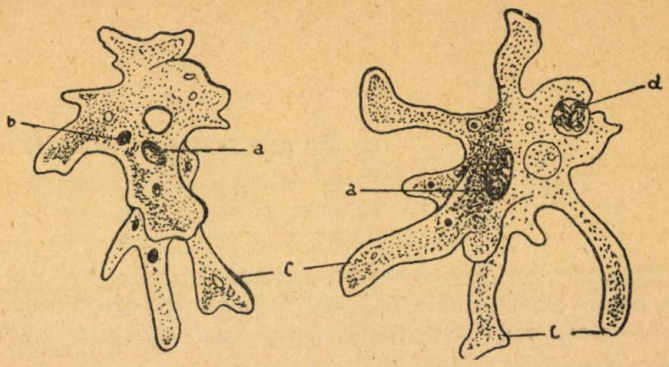
În apele dulci trăiește un animal micuț, invizibil cu ochiul liber, dar care poate fi zărit privind o picătură de apă stătătoare, cu ajutorul unei lupe puternice sau cu ajutorul unui microscop.

Animalul acesta, care trăiește pe plante, pe frunze care putrezesc în apă, are tot corpul alcătuit dintr-o singură celulă. O celulă micuță de nici n-o vezi și care trăiește, se mișcă, se hrănește, se înmulțește. Totul e o picătură de substanță vie, de protoplasmă lipsită pînă și de înveliș — de membrană. În interior se zărește nucleul celulei și încă vreo cîteva bășicuțe.

Picătura de viață — amoeba — a întîlnit un grăunte de hrană oarecare, o celulă de algă, sau o altă amoebă mai micuță. Amoeba noastră n-are nici mîini, nici picioare, nici gură, nici stomac și, totuși, amoeba se va descurca destul de bine. Grăuntele mai mic — viu sau neînsuflețit — nu va mai scăpa. Amoeba întinde un braț și apoi încă unul, de o parte și de alta a grăuntelui. Grăuntele acesta se pomenește încleștat între cele două brațe, care se întîlnesc și se împreunează, închizîndu-l între ele pentru totdeauna.

Brațe? Nu, nu sînt brațe adevărate. Picătura de substanță vie s-a alungit într-o parte, s-a alungit și în altă parte a corpului, formîndu-și aceste brațe false.

Grăuntele se pomenește într-o încăpere — o bășicuță plină de lichid — izolat de restul lumii, condamnat să servească drept hrană amoebei. Acolo, în bășicuța aceasta, vor pătrunde fermenții, substanțe care vor digera grăuntele de hrană. Bășicuța — vacuola digestivă — îndeplinește rolul unui fel de stomac, dar un



1. Amoeba cu pseudopodele ei ; a — nucleu; b — vacuolă digestivă; c — pseudopode; d — pseudopode înglobînd hrana.

stomac nestatornic, care apare numai la nevoie și acolo unde e nevoie. Cînd rolul ei s-a terminat, băşicuţa a dispărut. Un nou grăunte de hrană va fi înconjurat de o nouă băşicuţă, şi aşa mai departe.

Dar nu numai atingerea unui grăunte provoacă mişcarea micului animal. Căldura, lumina, diferitele substanţe chimice vor determina amoeba să răspundă într-un fel sau altul: să se apropie, să se depărteze, să-şi alungească corpul.

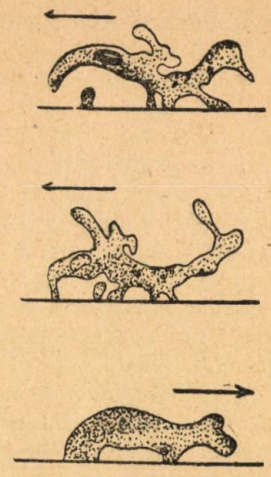
Toate aceste mişcări servesc animalului ca să se hrănească, să se apere, să-şi menţină compoziţia substanţei din care e format organismul său, astfel încît viaţa să-i fie asigurată.

Astfel de răspunsuri sau mişcări ale animalelor inferioare apărute sub acţiunea unor excitanţi (obiecte sau fenomene care acţionează asupra corpului său) au fost numite tropisme. Uneori animalul este atras de excitant — de obicei cînd e vorba de ceva folositor vieţii sale. Atunci avem de-a face cu un tropism pozitiv. Alteori animalul pare că evită o anumită substanţă, o rază de lumină prea vie, o atingere prea puternică. În acest caz tropismul este negativ.

Tropisme întîlnim şi la plante. Floarea soarelui răspunde acţiunii razelor solare rotindu-se după mer-

sul soarelui. Creşterea rădăcinii în jos, spre pămînt, este tot un tropism; creşterea tulpinii în sus, dinspre pămînt, este de asemenea un tropism.

Amoeba se mişcă sub acţiunea căldurii, a luminii sau a substanţelor chimice! Dar cum se poate mişca, dacă n-are picioare? Mai cu seamă că nu e vorba de mişcări întîmplătoare, ci de mişcări prin care amoeba răspunde într-un anumit mod excitanţilor, potrivit cu natura acestor excitanţi.



2. Deplasarea amoebei.

Şi pentru deplasarea ei amoeba foloseşte acelaşi procedeu ca şi pentru hrănirea ei.

Într-o parte a corpului amoebei, care s-a prins de o frunzuliţă, apare o umflătură care se va alungi, se va alungi de parcă mica fiinţă ar întinde de astă dată un picior. Piciorul acesta se prinde de frunzuliţă şi întregul corp este tras în direcţia în care s-a prins piciorul. Din nou, o altă prelungire apare, care şi ea, prinzîndu-se de frunzuliţă, va trage celula după sine. Amoeba, această picătură de viaţă compusă dintr-o singură celulă, păşeşte încet, încet, dar sigur, în direcţia determinată de excitantul din lumea din afară. Aceste prelungiri, care folosesc pentru prinderea hranei, sau pentru înaintare, nu sînt decît nişte umflături alungite ale protoplasmei. Ele au fost denumite pseudopode, ceea ce înseamnă tocmai false picioare.

Amoeba trăieşte! În permanenţă vor pătrunde sau vor fi atrase în corpul ei substanţele necesare pentru a o hrăni, substanţe care vor suferi toate prefacerile necesare pentru a se integra în organismul celulei. În permanenţă, substanţele rămase după aceste prefaceri şi care nu mai servesc sînt eliminate, sînt aruncate afară.

Dacă încălzim un metal, metalul se dilată. Dacă turnăm acid sulfuric peste sare, se degajă acidul clorhidric. Dacă luminăm o hîrtie colorată, hîrtia se decolorează.

Căldura, lumina, substanţele chimice ca şi loviturile, curentul electric etc. acţionează asupra obiectelor şi le schimbă înfăţişarea sau chiar structura, compoziţia. Aceste obiecte reflectă acţiunea luminii, a căldurii etc. doar prin faptul că suferă schimbări a căror natură e determinată de felul energiei care a acţionat asupra lor. Dar aceste obiecte sînt neînsufleţite.

Organismele vii — plantele şi animalele — nu suportă pur şi simplu acţiunea diferitelor forme de energie, nu suferă pasiv aceste acţiuni. Organismele vii sînt astfel alcătuite încît oglindesc influenţa excitanţilor din lumea din afară în mod activ — răspunzînd acestor excitanţi cu modificări ale organismului sau cu mişcări de apropiere sau fugă, de atac sau apărare etc., după cum cere buna funcţionare a organismului respectiv.

Aceasta este excitabilitatea — proprietatea pe care o au toate vieţuitoarele de a trece în stare de activitate, de a reacţiona activ la influenţa excitanţilor externi. În forma cea mai simplă, găsim excitabilitatea la plante. Florile de cartof sau de păpădie se deschid dimineaţa la lumina soarelui şi se închid seara. În schimb, minunata regină a nopţii îşi răspîndeşte parfumul ei în nopţile de vară, deschizîndu-se la căderea nopţii şi închizîndu-se la primele raze ale soarelui.

Răspunsurile animalelor, spre deosebire de cele ale plantelor, se pot manifesta prin mişcări nu numai ale unor părţi ale corpului, dar chiar ale corpului întreg. De aceea, vorbim la animale despre comportament, adică despre felul în care se poartă animalele în diferite condiţii.

Amoeba cunoaşte lumea? Ştie ce se află în jurul ei? Îşi dă seama că e cufundată în apă, că stă pe o frunzuliţă? Oare putem spune că amoeba simte grăuntele de care se atinge? Că ea deosebeşte, prin simplă atingere, dacă e vorba de un firicel de praf, de un grăunte

de hrană sau de altă vieţuitoare, aşa cum noi deosebim, atingînd cu vîrfurile degetelor, o suprafaţă tare de una moale, o suprafaţă netedă de una aspră?

Sînt încă aşa de simple, aşa de sărace mijloacele de care dispune micuţa celulă! Lumina sau căldura, firul de praf sau alga fac să apară aceleaşi pseudopode. Orice parte a corpului este excitabilă în aceeaşi măsură de către diferitele influenţe. Orice parte a corpului poate răspunde acestor diferite influenţe.

Există aici imagini, oricît de sărace, ale obiectelor sau fenomenelor din afară? Există aici răspunsuri date obiectelor din afară, în urma formării unor astfel de imagini şi potrivit cu imaginile respective? Sîntem încă foarte departe de aşa ceva.

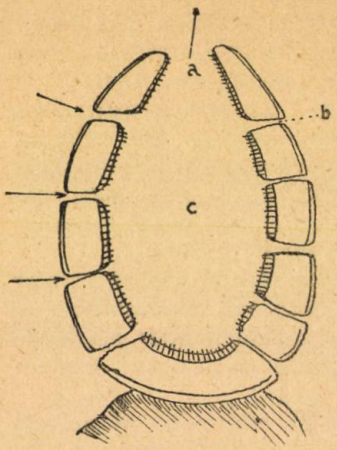
Excitabilitatea mai cuprinde, contopite în acelaşi act unic, simţirea şi mişcarea, recepţionarea şi răspunsul. Sîntem încă în preistoria simţirii, a oglindirii propriuzise a lucrurilor.

Bureţii sînt animale cu corpul alcătuit din nenumărate celule, legate între ele într-un organism unic. Organizarea lor este extrem de simplă.

Aşa, de pildă, Ascetta are corpul redus la un simplu sac fixat pe un picior. Ţesătura sacului e formată din celule care se deosebesc prea puţin între ele.

E interesant cum se hrănesc aceste animale. Iată o experienţă. Dacă animalul se află într-un vas cu apă de mare, în care am pus puţin praf de cărbune, observăm cum praful dispare repede pentru ca imediat să reapară ieşind prin gura sacului (osculul).

3. Spongieri (bureţi): A — Ascetta primordialis; B — Sycon raphanus.



4. Schema simplificată a organismului unui burete: a — oscul; b — porii inhalanți; c — atrium. Săgețile indică sensul curentului de apă.

Cum a dispărut praful? Tot corpul animalului e străbătut de găurele — pori inhalanți. Aceste găurele, împreună cu o deschidere mai mare, gura sacului, dau în aceeași încăpere interioară (atrium). Peretele interior este căptușit cu un strat de celule mari, care se prelungesc cu un fel de bici (flagel) înconjurat la bază de un guleraș format din protoplasmă. Aceste celule (numite choanocite) își mișcă neîncetat flagelul, astfel încît apa este mînată prin pori în interiorul sacului și gonită apoi afară. Apa aduce cu sine diverse substanțe hrănitoare și fiecare celulă care formează corpul animalului se va hrăni pe cont propriu, asemenea amoebei, înglobînd în sine, cu ajutorul pseudopodelor, grăuntele de hrană.

Ce simplă, ce primitivă organizare, dacă ne gîndim — comparativ — la organismul animalelor mai evoluate! La acestea din urmă vom întîlni țesuturi, organe, adică grupări de celule diferențiate, specializate pentru a îndeplini diferitele funcțiuni necesare vieții animalului. Unele organe au un rol anumit în digestie, altele în respirație, altele în mișcare ș.a.m.d. Deși la bureți nu mai e vorba de o singură celulă obligată să realizeze singură toate aceste funcțiuni, ci de un organism alcătuit din multe celule întovărășite, totuși diferențierea funcțiunilor, specializarea funcțiunilor încă nu s-a realizat. Singura specializare a atribuțiilor este realizată de choanocite, celulele care prin biciul lor mînă apa în sac și afară din sac.

Excitabilitatea a rămas încă în forma în care am găsit-o la micuța amoebă: contopind în aceeași celulă și în același act unic primirea mesajului trimis de lumea din afară cu răspunsul dat acestui mesaj.

Din răspunsul, ca act unic, dat influenței din afară — atingere, lumină etc. — nu s-a desprins încă, nu s-a separat, nu s-a constituit ca fapt deosebit simțirea, oglindirea acestei influențe. Simțirea, imaginea se află captive încă în automatismul orb al răspunsului nemijlocit. Dacă atingem inelul de celule care formează gura sacului, mușchiul acesta se contractă și gura se strînge. Este singurul răspuns de care Ascetta e capabilă. Dar cine a primit mesajul și cine a dat răspunsul? Aceleași celule, nu celule deosebite. Ca și în cazul amoebei, o singură celulă primește influența și primirea pe care i-o face este chiar răspunsul pe care i-l dă.

Dar un progres s-a realizat, un progres de mare importanță: este tocmai asocierea celulelor într-un organism unic. Însăși această întovărășire a celulelor în organisme unice a însemnat cîndva, în istoria vieții, un act de o excepțională importanță. De acum încolo, dezvoltarea speciilor de animale va consta într-o necontenită diferențiere și specializare a rolului diferitelor celule, în constituirea organelor cu însușiri diferite, cu funcțiuni diferite.

RECEPȚIA ȘI RĂSPUNSUL SE SEPARĂ

Cine n-a auzit de hidra de apă dulce, micul animal care trăiește prin bălți și lacuri, fixat de plantele acvatice (lintiță, trestie, rogoz)? Cîtă înțelepciune a cheltuit natura cu săculețul acesta de 10—15 mm! Cu o

5. Hidra în repaus, cu tentaculele atîrnînd.

parte a corpului se fixează ca o ventuză de vreo plantă oarecare, rămînînd așa agățată. În partea opusă, acest săculeț alungit are gura, o gură lacomă, care devorează răcușori, larve etc.

Hidra e flămîndă. Așteaptă să zărească pe undeva vreo gînganie, să se arunce asupra ei? Așteaptă să audă de undeva vreun foșnet, vreun zumzet, care să-i dea de veste că prada e pe aproape? Nimic din toate acestea. Lumea hidrei este încă o lume de liniște și întuneric. Pe treapta aceasta de dezvoltare, fereastra către lume încă nu s-a deschis. Hidra nu are în organismul ei minunatele posturi de recepție pe care le vom găsi la animalele mai dezvoltate, posturi în stare să recepționeze semnalele luminoase sau pe cele sonore, sosite de departe și aducînd vești despre cele ce se petrec în jur.

Așezat în camera dumitale poți oare auzi, trăgînd cu urechea, ce vorbește crainicul vreunui post de radio de la sute sau mii de kilometri depărtare? Și, totuși, în jurul dumitale, prin corpul dumitale trec necontenit mii și mii de semnale pornite din toate colțurile lumii. Dar acestea nu există pentru dumneata! Dacă ai însă un aparat de radio, aceste semnale, trimise pe calea undelor, se vor transforma în sunete și le vei putea auzi. Ele vor deveni și pentru dumneata prezente, vor servi cunoașterii dumitale.

Dacă noi am fi avut organe care să recepționeze undele de radio — așa cum avem organe care să recepționeze razele de lumină — și dacă am fi avut posibilitatea să producem cu corpul nostru unde de radio — așa cum avem posibilitatea să producem vorbind unde sonore — atunci ne-am fi putut înțelege cu semenii noștri la mii și mii de kilometri depărtare.

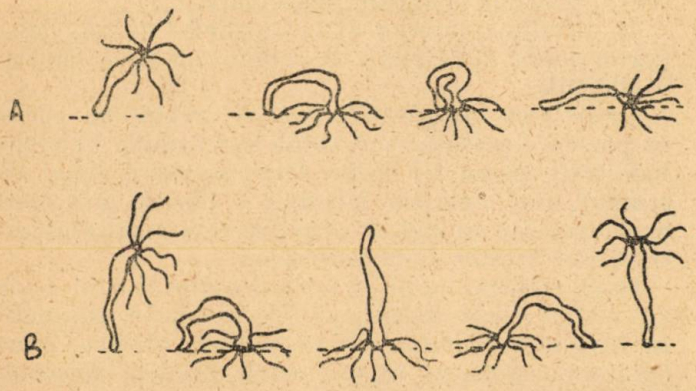
Asemenea organe de emisie și recepție nu avem. În locul lor oamenii au creat aparate, posturi de radio de emisie și recepție, care înlocuiesc mijloacele de care organismul nostru este lipsit. Și așa cum miile și miile de semnale electrice ale undelor de radio nu există pentru noi (afară de cazul cînd folosim un aparat de radio), deși trec necontenit, zi și noapte, pe lîngă noi, prin noi, tot așa, pentru micuța hidră, formele obiectelor, culorile, sunetele nu există încă, pentru că nu are încă mijloacele prin care să le recepționeze. Ea nu are încă organe de simț cu care să recepționeze toate aceste semnale.

Totuși, ce deosebire fundamentală este între un burete și o hidră!

O atingere a corpului hidrei face ca hidra să se chircească dintr-o dată, să-și strîngă tentaculele sau chiar tot corpul, de parcă s-ar feri. Doar un punct a fost atins și întregul corp e pus în mișcare!

Ce umil este începutul acesta de simțire a lumii din afară și ce lungă este calea pînă la minunatele mecanisme ale reflectării lumii înconjurătoare pe care le găsim la animalele superioare și la om!

Cu toate acestea, prin modul în care este organizat corpul hidrei, natura a făcut un pas important pe calea



6. Deplasarea hidrei: A — prin păşire; B — „dîndu-se peste cap

dezvoltării acestei minunate însușiri a viețuitoarelor care este oglindirea, cunoașterea lumii.

Oglindirea lumii înconjurătoare, capacitatea aceasta de a avea imagini nu este un lux al naturii, o podoabă în plus cu care natura și-a îngăduit să înzestreze animalele.

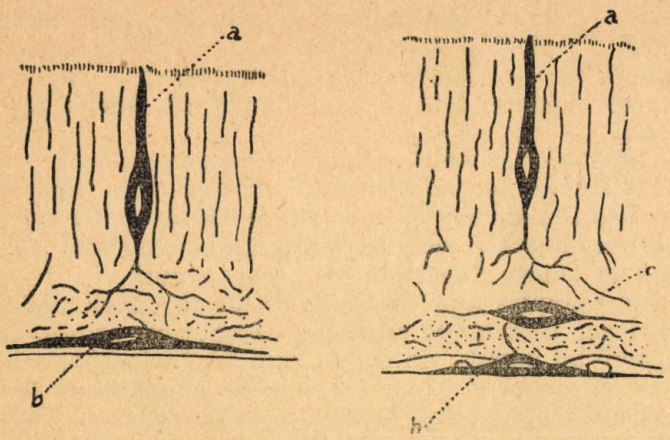
În relațiile dintre animal și mediul înconjurător, relații care stau la baza întregii vieți a animalului (relații manifestate prin hrănire, apărare, înmulțire), posibilitatea de a avea imagini ale lucrurilor din jur s-a dovedit un mijloc extrem de folositor vieții animalului. Odată apărut în evoluția speciilor de animale, acest mijloc a fost păstrat, îmbogățit, perfecționat neîncetat, potrivit cu natura obiectelor și fenomenelor care urmau să fie oglindite, a căror oglindire era necesară vieții animalului.

Faptul principal, marea invenție am putea spune, a constat în separarea, din actul unic al excitabilității, a celor două proprietăți: simțirea și mișcarea, primirea influenței din afară și răspunsul dat influenței din afară. Procedeul, tehnica prin care natura a realizat această despărțire, a constat pur și simplu în formarea unor celule specializate, unele pentru simțire și altele pentru mișcare: celule sensibile, receptoare, și celule efectoare, musculare.

În învelișul exterior al tentaculelor hidrei, descoperim aceste două feluri de celule care și-au împărțit atribuțiile.

Unele sînt lunguiețe și subțiri avînd un perișor în partea din afară: sînt celulele sensibile. Celelalte, înzestrate cu un fel de fus (care se poate lungi sau scurta), sînt celulele mișcării — fibrele musculare. Scurtarea sau alungirea corpului este rezultatul contracțiilor acestor fibre musculare.

Dacă atingem cu un ac corpul hidrei, vîrful acului va întîlni unele dintre celulele sensibile, răspîndite în învelișul corpului. De la celulele acestea, foarte excitabile, urmează să primească celulele musculare dispoziția de a se contracta.



7. Sistemul receptor-efector; a — celule sensibile (receptoare); b — celule musculare (efectoare); c — celule de legătură.

Pe ce cale se face însă această transmitere? În tentacule, celulele sensibile comunică uneori direct cu celulele musculare învecinate.

Dar procedeul acesta e prea rudimentar. Rămînînd la acest procedeu, progresul n-ar fi fost cine știe ce important. Animalul n-ar fi putut răspunde decît tot numai cu partea corpului care ar fi fost atinsă.

De fapt, însă, o dată cu diviziunea aceasta a atribuțiilor, natura a înzestrat animalul și cu mijloace de comunicare mai îndepărtată între cele două feluri de celule. O a treia categorie de celule specializate apare în organizația animalului. Acestea sînt celulele de legătură.

În locul celulei unice, care primește influența din afară și dă și răspunsul, întîlnim acum celule receptoare, celule de legătură (de conexiune) și celule efectoare.

Celulele acestea de legătură sînt așezate, din loc în loc, în stratul care reprezintă învelișul animalului și, contopindu-și prelungirile, formează un fel de plasă. Plasa aceasta de celule care, prin posturile ei de infor-

mare — celulele receptoare — primește influențele lumii din afară și determină celulele efectoare să răspundă, nu este altceva decît sistemul nervos. Sistemul nervos al hidrei este cel mai simplu din lumea animală.

După cum se vede, sistemul nervos reprezintă, în acest stadiu, tocmai elementul de conexiune, apărut în organism din nevoia de a se face legătura între celulele receptoare și cele efectoare, chiar cînd sînt așezate în puncte depărtate ale organismului.

Am apropiat ușor, de un tentacul al hidrei, vîrful unui ac. În celulele senzitive (receptoare) atinse, ia naștere un impuls, un curent care se răspîndește prin plasa nervoasă și ajunge la celulele mușchiulare din țesătura tentaculului, făcîndu-le să se contracte. Astfel, întregul tentacul se contractă, iar dacă atingerea e mai puternică, se chircește tot corpul.

Mișcarea aceasta prin care animalul răspunde unei stimulări, unei acțiuni din afară, datorită sistemului său nervos, este un act reflex.

Construcția sistemului nervos al hidrei este încă foarte rudimentară și acest lucru se poate vedea și din felul în care răspunde unei influențe din afară.

Închipuiți-vă că într-un mic oraș de provincie, unde centrala telefonică nu e automată, cineva ar fi izbutit să facă următoarea glumă proastă: să lege între ele firele telefonice ale tuturor abonaților.

8. Meduze (animale din încrengătura Celenterate, ca și hidra).

Dacă unul dintre abonați vrea să cheme la telefon, la două noaptea, pe un prieten al său, el va scula în picioare tot orașul. Dacă cineva înștiințează un abonat să vină de urgență, pentru că a izbucnit un incendiu în întreprinderea în care lucrează,

toți cetățenii vor năvăli în stradă.

Acesta e sistemul de informare care funcționează la hidră.

Excitația — alarma — pornită de la un post de grani-ță, de la suprafața corpului, nu merge numai spre un anumit organ de execuție și nici spre un comandament care să distribuie dispoziții, pentru simplul motiv că toate fibrele, adică toate celulele de legătură, sînt legate între ele într-o rețea unică, iar comandament nu există. Alarma dată în oricare punct al corpului se răspîndește prin rețeaua de legătură și, dacă e suficient de puternică, toate organele de execuție, toate celulele musculare se contractă, ducînd la contractarea întregului corp.

9. Sistemul nervos al meduzei, în formă de plasă.

Ceea ce face ca aceste răspunsuri să aibă, totuși, un rost pentru viața animalului, este faptul că răspunsurile diferitelor părți ale corpului, deși întotdeauna aceleași, stereotipe, depind de așezarea părții respective față de întregul corp. Oricum s-ar răspîndi excitația printr-un tentacul, tentaculul se contractă, și, contractîndu-se, se apropie de gura animalului. În felul acesta, dacă un grăunte de hrană a atins tentaculul, acesta, strîngîndu-se, va duce hrana spre gură. Perii mișcători din regiunea gurii vor trimite hrana, prin curentul de apă pe care-l formează, în interiorul corpului. Dar tentaculul s-a mișcat astfel nu pentru că animalul ar fi fost informat că o fărîmă de hrană se află în apropiere. Tentaculul se contractă întotdeauna la fel. Chiar dacă e tăiat, separat de corp, fiind excitat, tentaculul se va contracta, ca și cînd ar trebui să ducă bucățica de hrană spre o gură imaginară.

Noul aparat pe care-l găsim în corpul hidrei — aparat de transmitere, de legătură între diferitele părți

ale corpului — este încă rudimentar tocmai pentru că transmiterea excitației nu este încă dirijată, canalizată cu precizie, de la anumite puncte spre anumite puncte. Rolul său este de a mobiliza, fără alegere, diferitele părți ale corpului în cazuri favorabile sau în caz de pericol. Altă atribuție nu are.

Dar pasul cel mare s-a făcut. Excitabilitatea primitivă, blocată în aceeași celulă la protozoare sau la bureți, s-a scindat, s-a desfăcut în două funcții fundamentale deosebite, deservite de celule diferite: recepționarea și acțiunea.

O serie de perfecționări succesive, de mare importanță, vor transforma recepționarea simplă, pe care o găsim la hidră, într-o proprietate superioară: sensibilitatea, capacitatea de a avea imagini.

Am putea spune că hidra „simte", așa cum simțim noi? Că hidra simte cu tentaculele răcușorul care, întîmplător, s-a atins de ele, că simte căldura razei de lumină, răceala apei?

Atinsă, hidra tresare. O lumină slabă o face să se încline în direcția ei. O substanță hrănitoare, mai ales cînd animalul e flămînd, provoacă o puternică contracție. Nu înseamnă atunci că simte atingerea, vede lumina, gustă mîncarea?

Nu, nu înseamnă.

Dacă atingi mîna unui om care doarme, omul retrage mîna. E o mișcare automată îndeplinită de mecanismele sistemului nervos al omului, mișcare de care omul nu are cunoștință, nu-și dă seama. Omul, dormind, nu simte atingerea. Cercetătorul sovietic Gherșuni a dovedit că și sunetele pe care nu le auzim, de care nu ne dăm seama, pot să provoace dilatarea pupilei, au deci un efect asupra organismului, determină un răspuns.

Dacă astfel de reacții automate sînt posibile, în anumite situații, la om, înseamnă că nu avem dreptul să afirmăm că hidra are senzații numai pentru că am constatat anumite răspunsuri. Mai mult. Felul în care

aceste răspunsuri sînt date ne poate face să credem, mai curînd, că rețeaua de legătură, rețeaua nervoasă nu poate îndeplini decît rolul de transmițător al unor impulsuri de mișcare.

Firește, toate acestea sînt numai presupuneri. Poate că începuturi rudimentare de simțire există și la hidră. Dar ca hidra să aibă senzații, adică oglindiri distincte ale unor însușiri ale lucrurilor, aceasta e greu de crezut.

Nu există un loc, un for care să preia aceste mesaje transmise de celulele receptoare, să le descifreze, să le interpreteze și să le transforme în imagini, înainte de a deveni ordine de mișcare.

Rolul celulelor nervoase nu este decît acela al unor modești curieri care distribuie, fără adresă anumită, niște invitații stereotipe pentru o manifestare oarecare.

Să ne închipuim, însă, că acești curieri învață, puțin cîte puțin, nu numai să împartă în piața publică, fără alegere, veștile, ci să și îndrepte corespondența într-un loc sau altul, potrivit cu adresa.

Să ne închipuim, apoi, că acești curieri învață nu numai să ducă știrile, ci primind vești diferite din diferite locuri, învață să le adune, să le pună în legătură, să-și facă o părere de ansamblu asupra întregii situații și, în baza acestei informări de ansamblu, să elaboreze o hotărîre, un ordin de acțiune, interesînd întregul organism. Ceea ce va fi comunicat mai departe nu va mai fi, deci, o sumă de dispoziții disparate, ci un răspuns unitar, care se va bizui pe confruntarea diferitelor date obținute.

În locul unui modest serviciu de curieri vom avea de astă dată un for cu rol organizator, un adevărat comandament.

Acest comandament își va putea îndeplini cu atît mai bine rolul conducător, în cadrul organismului, cu cît va fi mai bine și mai repede informat, cu cît va avea un sistem de sectoare și servicii mai bine specializate și mai bine organizate, cu cît va fi mai strictă

ierarhia chiar în cuprinsul comandamentului. Treptat, prin perfecţionări succesive, în cursul a milioane şi milioane de ani, un astfel de comandament a fost realizat în organismul animalelor superioare.

SE NAŞTE SENZAŢIA

Aţi văzut, fără îndoială, nu o dată, un vierme tîrîndu-se pe pămînt. Contracţiile şi destinderile trec ca valurile prin corpul său, făcînd ca nenumăratele inele ale corpului să se mute mereu înainte. Rîma îşi sapă galeriile sub pămînt, unde-şi duce viaţa. Înghiţind pămîntul, îl trece prin intestinul său înainte de a-l scoate la suprafaţă. La unii viermi marini, în timp ce se tîrăsc, valurile de contracţii trec alternativ de-a lungul celor două margini laterale ale corpului: cînd la dreapta, cînd la stînga.

10. Viermele marin Nereis.

Prin mişcări asemănătoare, dar mai rapide, viermii pot să şi înoate.

Viermele marin Nereis, cu o organizare superioară, este înzestrat cu numeroase mici cîrlige — parapode — în care se sprijină în timp ce se tîrăşte pe fundul apei.

Viermii îşi caută şi-şi găsesc hrana. Rîma se hrăneşte cu resturi de plante putrezite, pe care le găseşte săpîndu-şi galeriile, dar şi cu frunze sau cu tulpini ierboase, pe care le trage în găurile ei. Marele savant englez Darwin care a studiat mult comportarea rîmelor, a băgat de seamă că

rîmele își apucă întotdeauna frunzulițele de capătul ascuțit, ceea ce le permite să le tragă mai ușor în ascunzătorile lor. Intîlnind un obstacol, rîma e în stare să-l ocolească. Fiecare parte a corpului reacționează, dar nu la întîmplare, ci coordonat, astfel încît din mișcările și pozițiile diferite luate de fiecare parte a corpului să rezulte mișcarea de ansamblu, unitară, mișcarea de ocolire.

O rîmă, care se pregătește să iasă din gaura ei, se ascunde de îndată ce se proiectează asupra ei un fascicol de lumină. Nereis, viermele marin, își poate prinde micile organisme cu care se hrănește, descoperindu-le de la distanță, cu ajutorul mirosului. Dacă la intrarea în gaura sa, se așază două pachețele închise, identice, din care unul cuprinde o fărîmă de melc și celălalt o pietricică, viermele se îndreaptă imediat spre primul pachețel.

Viermele nu se chircește pur și simplu la o influență oarecare, ca hidra. Hrana este *căutată* și *găsită*, lumina este *evitată*. Sînt *săpate* galerii.

Ar mai fi toate acestea posibile printr-o simplă mobilizare generală, uniformă, realizată de excitație? Se înțelege că nu. Într-un fel trebuie să se miște primele inele, într-alt fel cele următoare. Uneori e nevoie de oprire. Alteori e nevoie chiar de o retragere. Umezeala aerului, după ploaie, atrage rîma. O frunzuliță n-o lasă indiferentă. Dar într-un fel este atras animalul de starea de umiditate a aerului, într-alt fel de întunericul galeriei, într-alt fel de frunzuliță. Aici nu mai poate fi vorba de o mobilizare generală a organismului, ci de dispoziții împărțite diferitelor părți ale corpului, potrivit cu rolul și așezarea lor și potrivit cu faptul obiectiv căruia animalul trebuie să-i facă față.

Aceasta înseamnă că e vorba aici de *vești primite* și de *ordine comunicate* pe baza acestor vești — ceea ce e cu totul altceva decît o simplă declanșare automată a unor aparate printr-un dispozitiv de alarmă.

BIBLIOTECA GHEORGHE LAZĂR — București

Veştile primite trebuie să fie selecţionate, sortate, separate. Lumina e una, frunzuliţa sau mîncarea de melc altceva, atingerea corpului e iar altceva.

Aceste acţiuni ale obiectelor şi fenomenelor din afară — lumină, acţiune chimică, atingere, curent electric, temperatură—trebuie nu numai primite pasiv, dar şi interpretate, descifrate ca *veşti* despre un fapt obiectiv, înainte de a determina ordine de mişcare.

Aceste acţiuni ale obiectelor şi fenomenelor din afară trebuie să devină aşadar *senzaţii*, oglindiri subiective ale unor fapte obiective, înainte de a declanşa răspunsuri.

Răspunsul poate fi dat şi printr-o declanşare automată a mişcării, pe calea unei legături nervoase directe între celula receptoare şi cea efectoare. Dar acesta e un răspuns orb, mecanic, uniform, ca al unei sonerii care începe să sune cînd se apasă pe buton, indiferent cine apasă, cînd apasă, cu ce apasă.

Reacţiile viermelui sînt, însă, într-o anumită măsură, adaptate naturii excitantului, distanţei de la care acţionează, direcţiei din care acţionează. Viermele se poate afla în galeria lui, cînd un melcuşor se nimereşte să fie pe aproape. Dar el poate înota în momentul respectiv, sau se poate tîrî pe fund. Prezenţa melcuşorului trebuie să declanşeze nu mişcări uniforme, stereotipe, ci mişcări potrivite cu direcţia şi poziţia acestuia faţă de vierme. Altfel viermele n-ar putea ajunge la el.

Nu poate fi vorba, deci, nici de o participare, fără discernămînt, a tuturor părţilor corpului la acţiune şi nici de o legătură simplă între un post de recepţie şi un organ de execuţie. Acelaşi organ de execuţie (acelaşi grup de muşchi) trebuie să poată fi pus în mişcare în mod diferit, potrivit cu împrejurările, cu influenţele diferite exercitate asupra organismului.

Excitaţiile, mesajele de la posturile de recepţionare, trebuie deci interceptate, silite să facă un popas, interogate, confruntate înainte de a se trimite, în diferite părţi ale corpului, diferite ordine de mişcare.

Tocmai acesta este momentul oglindirii, momentul senzației, momentul valorificării pentru organism a datelor obiective.

Oglindirea aceasta nu poate să constea într-o suportare pasivă a acțiunii unor obiecte sau fenomene, pentru că esența ei este reconstituirea în folosul acțiunii viitoare, pentru organism, a datelor despre faptul obiectiv.

Toate acestea ar fi fost imposibile cu rețeaua nervoasă rudimentară a hidrei în care excitația se poate răspîndi în voie în toate părțile.

Faptul fundamental petrecut în structura sistemului nervos, care a permis aceste schimbări în comportamentul animalelor, a fost apariția neuronului — celula nervoasă.

Și neuronul, ca și strămoșul său protoneuronul — celula rețelei nervoase a hidrei — conduce curentul nervos, excitația. Dar nu o mai conduce oricum. În primul rînd, excitația nu poate străbate neuronul decît într-un singur sens. Și neuronul are prelungiri, ca și celula nervoasă primitivă, cu ajutorul cărora se pune în legătură cu alte celule. Dar prelungirile neuronului sînt de două feluri.

Prin unele, excitația sosește spre corpul celulei și acestea (de obicei mai multe) se numesc dendrite.

Printr-o altă prelungire (una singură la o celulă, de obicei mai lungă), excitația iese, se depărtează de corpul celulei și pleacă mai departe. Această prelungire este axonul.

Excitația nu va sosi niciodată prin axon, ci numai prin dendrite. De aceea excitația nu va străbate neuronul decît într-un singur sens: de la dendrite, prin corpul celulei, spre axon și prin axon mai departe.

De aceea se spune că neuronul este o celulă nervoasă polarizată.

A doua deosebire principală între neuron și strămoșul său din rețeaua nervoasă constă în felul în care sînt legați neuronii între ei.

În rețeaua nervoasă a hidrei prelungirile celulelor se alipesc, se sudează, astfel încît nu se mai știe unde se termină o celulă și unde începe cealaltă. Tocmai de aceea excitația poate curge nestingherită, risipindu-se prin celule.

Neuronii sînt însă mai reținuți, mai precauți. Intrînd în legătură unii cu alții, în funcția aceasta de conducere a excitației, își păstrează individualitatea. Finele rămurele ale prelungirilor, prin care doi neuroni intră în legătură, nu se sudează, ci se apropie, se alătură doar. Locul acesta de alăturare poartă numele de sinapsă.

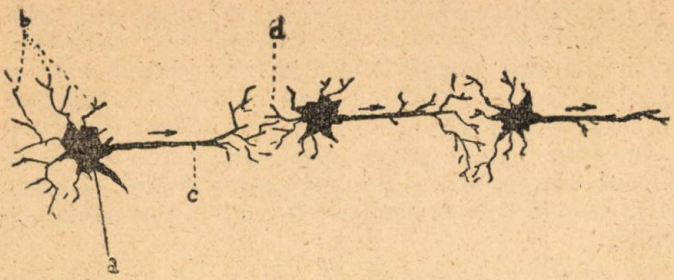
Astfel, începînd de la vierme, sistemul nervos nu mai este o rețea, ci o asociație de celule nervoase, neuronii, care-și păstrează o anumită individualitate.

Sinapsa este și ea polarizată. Excitația poate străbate punctul acesta de graniță numai într-un singur sens. Și e firesc să fie astfel, din moment ce neuronul însuși e polarizat. Dendritele unui neuron vor intra întotdeauna în legătură numai cu axonul altui neuron. Excitația va străbate sinapsa sosind prin axon și îndepărtîndu-se prin dendrite spre corpul celular al neuronului următor.

Excitația, trecînd deci de la neuronul A la neuronul B, nu va putea trece niciodată de la neuronul B la neuronul A.

Datorită acestui sistem se produce o schimbare radicală în felul de propagare, de conducere a excitației. Curentul nervos, pornind dintr-un punct al corpului, nu se poate răspîndi nestingherit, ci ajunge numai acolo unde-l conduce calea nervoasă a unui lanț de neuroni. Astfel, caracterul reflexului se schimbă. Spre deosebire de răspunsurile globale ale hidrei, reflexele viermelui pot avea caracterul unor răspunsuri mai precise, mai adaptate, în raport cu diferite însușiri ale obiectelor întîlnite.

Dar neuronii nu sînt legați între ei numai în lanțuri simple. Un neuron poate intra în legătură cu mai mulți neuroni. Nu ajungem în felul acesta din nou



11. Neronul: a — corpul celular; b — dendrite; c — axon; d — sinapsă.

la rețeaua prin care excitația se poate răspîndi în diferite direcții în același timp ? Nu, pentru că datorită sinapselor, legătura nu e permanentă între neuroni. Dacă un neuron A este legat cu alți neuroni B, C, D, excitația nu trece neapărat din A în toți ceilalți trei neuroni, ci, în funcție de împrejurări, poate apuca pe una din aceste căi.

Neuronii nu funcționează izolat, nu lucrează pe cont propriu, ci se asociază în grupări mai mult sau mai puțin complexe, devenind în organism o adevărată instituție de recepționare și distribuire a mesajelor.

Aceste grupări poartă numele de ganglioni, iar prelungirile celulelor, formînd fibre, se înmănunchează în nervi.

Sistemul nervos al viermelui este un sistem nervos ganglionar. În fiecare din multele segmente care formează corpul rîmei, se află cîte o pereche de umflături — ganglionii — formate din celule nervoase. Ganglionii sînt legați toți între ei: longitudinal (ganglionii din segmente vecine) și transversal (ganglionii aceluiași segment). Sistemul nervos al viermelui ia astfel aspectul unei scări de frînghie și de aceea poartă și numele de sistem nervos scalariform.

În locul unei rețele difuze, formate din celule risipite prin corp, iată, deci, o organizare a elementelor nervoase constituind începutul unei centralizări.

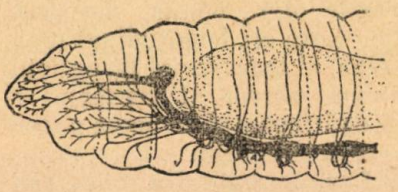
La suprafața corpului, în piele, sînt răspîndite celulele senzitive, posturile de recepție ale viermelui, adică neuronii senzitivi. O atingere ușoară face să se nască excitația, influxul nervos în celulă. Fibra care pornește de la celulă, și care este deci o fibră senzitivă, va duce excitația în ganglionul în care pătrunde — ganglionul din segmentul respectiv al corpului. Această cale, care duce de la periferie la centru, este calea aferentă.

In ganglion există un al doilea tip de neuroni, neuronii motori ai căror axoni, ieșind din ganglioni, se îndreaptă spre mușchi sau spre alte organe efectoare, ducînd comenzile de mișcare. Această cale, de la centru la periferie, este calea *eferentă*.

Dar legătura stabilită în ganglioni între neuronii senzitivi și cei motori se poate complica datorită existenții, în ganglionii viermelui, a unui al treilea tip de neuroni: neuronii de asociație.

Ganglionul nu este, deci, o simplă punte de legătură între celule senzitive și organe de execuție. El poate constitui, prin organizarea sa, un centru de recepționare a mesajelor și de distribuire a ordinelor de execuție, tocmai pentru că strînge mesajele nervoase de pe un anumit teritoriu.

El este, în orice caz, acel loc în care se realizează, în cursul producerii reflexului, transformarea excitației aferente, purtătoare a mesajului receptorilor, în excitație eferentă, motoare, purtătoare a ordinului de răspuns.

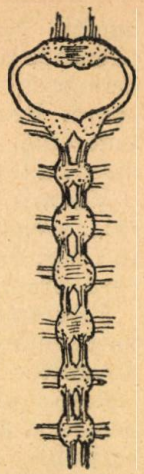


12. Partea anterioară a sistemului nervos la rimă (văzut din stînga).

Dar nu mai puțin important este faptul că fiecare din zecile de perechi de ganglioni aflați în corpul viermelui, păstrîndu-și — ca principii feudali — o relativă independență în teritoriile

lor, se află, totuși, în legătură cu ceilalți ganglioni ai corpului.

Mai mult. O pereche de ganglioni, ganglionii cerebroizi, situați în partea anterioară a corpului (care ar forma capul) își cîștigă o oarecare autoritate asupra celorlalți, oarecari posibilități de a le îndruma, în linii generale, activitatea, subordonînd această activitate, într-o anumită măsură, intereselor ansamblului.



13. Sistemul nervos scalariform al unui vierme (văzut de sus).

Nu este, deci, o simplă asociere de principate independente, ci o oarecare ierarhizare, prin subordonarea față de o anumită pereche de ganglioni. Tocmai această asociere a perechilor de ganglioni, cu o subordonare (destul de vagă deocamdată) față de o pereche principală, permite o relativă coordonare a unor grupe de reflexe, a unor grupe de mișcări, executate de diferite părți ale corpului, în răspunsuri de ansamblu unitare.

De ce capătă acest rol privilegiat ganglionii din regiunea anterioară?

În primul rînd, trebuie să remarcăm însăși existența acestei regiuni anterioare — regiunea care formează avangarda în înaintarea corpului.

Lucrul ni se pare foarte simplu, de la sine înțeles, pentru că animalele cu care avem în mod obișnuit de-a face, au un cap, au o parte dinainte, în sensul căreia înaintează. Partea aceasta, capul, e considerată ca fiind partea principală a corpului, căci este înzestrată cu cele mai importante organe de simț și, prin partea de sistem nervos pe care o cuprinde, conduce întrega activitate a corpului.

Dar n-a fost întotdeauna așa, de la începutul vieții animale. Amoeba n-are nici un fel de parte dinainte. Ea poate înainta la fel cu oricare din părțile celulei. Există vreo parte anterioară, vreo parte principală la

bureți? Nicidecum! Apa cu substanțele hrănitoare pătrunde prin porii învelișului și iese printr-o deschidere, osculul. La hidră, o oarecare diferențiere constantă apare. Hidra are o gură (polul oral) înconjurată de tentacule, iar în partea opusă este un fel de picior, discul adeziv, cu care se prinde de substrat.

Viermii, însă, care sînt animale cu simetrie bilaterală, asemenea animalelor superioare (corpul e format, în lung, din două jumătăți egale), au o parte anterioară propriu-zisă, în sensul căreia înaintează.

Formarea unei părți anterioare a cărei extremitate va deveni capul (la insecte, la vertebrate), cu un rol diriguitor în comportamentul animalului, este manifestarea unui început de ierarhizare, fapt esențial pentru o activitate coordonată a diferitelor părți ale corpului.

Rolul privilegiat al perechii de ganglioni cerebroizi provine, în primul rînd, din faptul că la ei sosesc fibrele de la celulele receptoare specializate ale extremității anterioare a corpului.

Celule receptoare specializate? Dar ce sînt acestea? Cînd pseudopodul unei amoebe pătrunde într-o zonă luminată, pseudopodul se retrage. Cînd atingem pseudopodul cu un ac fin, pseudopodul se retrage de asemenea. Orice parte a corpului amoebei poate răspunde, în aceeași măsură, diferitelor excitații: luminoase, chimice, mecanice.

În corpul hidrei, recepționarea și răspunsul s-au despărțit. Dar celulele senzitive ale hidrei, a căror atribuție este numai de a recepționa excitațiile, nu merg cu specializarea mai departe. Ele constituie receptori universali: atingerea, acțiunea chimică, la unele specii lumina, declanșează influxul în oricare celulă receptoare, după care se răspîndește în rețeaua nervoasă.

La viermii superiori, însă, celulele receptoare încep să se specializeze în recepționarea unor anumite influențe. Celulele răspîndite la suprafața corpului, în piele, rămîn cu atribuția recepționării atingerilor, a

acțiunilor mecanice. Pentru primirea influențelor chimice se specializează alte celule, așezate în niște șănțulețe din regiunea capului (organe nuchale). Receptionării luminii îi sînt, de asemenea, destinate celule specializate, grupate în organe mai mult sau mai puțin complicate — ochii — de asemenea situate în regiunea cefalică (adică a capului). Tot în porțiunea anterioară a corpului se găsesc și organe care servesc la echilibru, adică la orientarea mișcărilor față de pămînt.

Nu mai avem celule receptoare „bune la toate", ci celule care, prin construcția lor, prin substanțele pe care le conțin, prin modul lor de funcționare reacționează mai repede, mai ușor, mai intens la o formă anumită de energie.

Superioritatea ganglionilor cerebroizi provine în primul rînd din faptul că, datorită așezării lor, ei primesc mesajele de la toate aceste organe specializate. Acolo, în acești ganglioni cerebroizi — în sistemul complicatelor relee dintre fibrele senzitive, neuronii de asociație și neuronii motori — se găsește minunatul laborator de preluare, de descifrare, de interpretare a mesajelor nervoase, de elaborare a senzațiilor.

Senzația înseamnă oglindire a unei anumite însușiri, a unei anumite forme de energie. Atingînd cu mîna capacul ceasului, eu simt atingerea și răceala capacului. În același timp aud tic-tacul, văd lucirea cadranului.

Aceasta înseamnă că oglindirea unei anumite însușiri vădește, în primul rînd, distingerea, separarea, desprinderea acestei însușiri din complexul în care e prinsă. Senzația, fiind oglindire distinctă, presupune, deci, în primul rînd mijloace, mecanisme de distingere, de analiză.

Procedeul principal folosit de sistemul nervos — procedeu necontenit dezvoltat și perfecționat de-a lungul evoluției filogenetice (evoluția speciilor de animale), în raport cu condițiile de viață — a fost acela al specializării pentru fiecare formă de energie a unor anumite elemente nervoase.

Ne-am putea închipui și o altă tehnică de analiză. Cînd, într-o întreprindere, sosește un transport de materiale necesare producției, să zicem fire de lînă, o persoană anumită, avînd o suficientă pregătire, poate sorta aceste fire: lînă merinos, lînă țigaie etc.

Animalul ar fi putut fi înzestrat cu un organ specializat în recepționarea tuturor formelor de influențe, iar analiza, sortarea făcîndu-se prin faptul că organul va reacționa diferit la diferite forme de energie.

În definitiv și o bucată de fier se modifică diferit în funcție de natura influenței: temperatură, o lovitură, o acțiune chimică etc.

Totuși, nu aceasta a fost calea pe care a ales-o natura, ci aceea a specializării organelor de recepționare a influențelor din afară.

Lucrurile se petrec ca și cînd, în întreprinderea respectivă, am avea un specialist în recepționarea firelor de lînă țigaie, un altul în recepționarea firelor de lînă merinos etc. În momentul în care se desfac baloturile, fiecare specialist, recunoscîndu-și firele, se duce singur să le ia în primire și sortarea se face numai prin faptul că fiecare ia în primire un alt sort de fire.

Asupra celulei tactile, lumina nu are efect sau are un efect mai mic. Celulele receptive la acțiunile chimice nu sînt potrivite pentru a recepționa și transmite atingeri etc.

Fiecărei categorii de fenomene recepționate de organism îi este destinat un aparat special, un „combinat" format din: celule receptoare specializate, reunite uneori într-un organ de simț, din căi care conduc mesajele nervoase spre centrală, spre ganglioni, și un punct din ganglion în care sînt luate în primire aceste mesaje.

Un astfel de „combinat" este un analizator, după denumirea dată de I. P. Pavlov, întrucît activitatea sa esențială în elaborarea senzațiilor este aceea de analiză — de fracționare, de sortare a diverselor forme de energie care acționează asupra organismului.

Mesajele acestea *diferite*, sosite pe căi *diferite*, despre fenomene obiective *diferite* nu se varsă aşadar, pur şi simplu, într-un fond comun de energie nervoasă — cum s-ar întîmpla dacă sistemul nervos ar fi o simplă reţea difuză. Nici nu se duc, fiecare în parte, să declanşeze, separat, reacţia unui alt organ, sub forma unui reflex izolat.

În primul caz, am avea o simplă contopire a mesajelor — şi senzaţia, care presupune distingere, n-ar mai exista.

În cel de-al doilea caz, senzaţia n-ar mai avea nici cînd, nici unde, nici de ce să apară — declanşarea fiind absolut automată.

Însă într-un sistem nervos cum e cel ganglionar, al viermilor superiori, construit pe principiul neuronului, în care celulele, fără să-şi piardă individualitatea, se asociază în organizaţii complexe, e posibilă preluarea distinctă a mesajelor de însăşi această organizaţie, e posibilă confruntarea acestor mesaje distincte — fără ca prin aceasta să se ajungă la contopirea lor. Or, tocmai această preluare distinctă a mesajelor aduse pe diferite căi senzitive spre centru, de către organizaţia de neuroni, este senzaţia.

Toate acestea le realizează — în special — ganglionii cerebroizi, ganglionii cu rol de conducere, ai viermilor superiori. Se înţelege, la acest stadiu, senzaţiile trebuie să fie încă vagi, confuze, grosolane, lipsite de nuanţe. Rolul lor este încă redus, secundar, în comportarea animalului, cele mai multe reacţii se înfăptuiesc prin circuite simple, directe, între receptori şi muşchi.

N-ar putea fi vorba încă de chipuri propriu-zise, ale obiectelor cu complexele lor de însuşiri, ci de ceva mult mai primitiv, ceva ce ar putea fi — poate — comparat cu senzaţiile noastre de durere, sau cu impresiile noastre luminoase vagi pe care le avem cînd stăm cu ochii închişi în dreptul soarelui.

Între a simţi înţepătura unui ac şi a cunoaşte forma acului, prin pipăit, între impresia vagă de lumină

difuză, cînd stăm cu ochii închiși, și imaginea obiectului din fața noastră, deosebirea e colosală.

Firește, toate acestea sînt simple analogii. Ele nu au pretenția de a dezvălui ceea ce viermele simte de fapt. Acest lucru este imposibil. Dar comparînd aceste forme primitive, elementare, de reflectare, pe care le găsim la om, cu formele sale complexe de cunoaștere a obiectelor și fenomenelor, putem înțelege mai bine imensele diferențe de precizie, de complexitate, de obiectivitate, care sînt posibile în domeniul reflectării și putem — oarecum — reface cu mintea drumul înapoi către izvoarele cunoașterii. Cît simte, cum simte viermele e foarte greu de presupus. Dar ceea ce este important, ceea ce este foarte important pentru evoluția formelor de legătură între animal și mediul în care trăiește, este faptul acesta: viața își confecționează aparate de captare de la distanță a unor mesaje despre lucrurile care prezintă un anumit interes pentru menținerea și perpetuarea ei.

Ce simplu e pentru dumneata, cititorule! Stai în atelier, stai în bibliotecă, stai în camera dumitale de lucru. Ai nevoie de o unealtă, de o carte, de o scrumieră, *vezi* obiectul și te îndrepți spre locul unde se află așezat. Ai căutat o persoană și n-ai găsit-o. Îi auzi glasul și sunetele acestea te înștiințează că persoana respectivă e undeva prin apropiere. Deschizi fereastra și de afară pătrunde suava, delicata mireasmă a liliacului înflorit. E primăvară!

Nu aștepți să-ți ajungă ciocanul în mînă, mîncarea în gură, perna sub cap, aerul proaspăt în nări. Le cauți, le găsești, pentru că organele dumitale de simț, prin minunata lor alcătuire, te pun în legătură cu lumea din afară, detectează vești despre lumea din afară și ți le oferă sub formă de senzații, de imagini. *Înainte* de a intra în contact cu obiectul respectiv, lumina, sunetul, mirosul te informează despre prezența obiectului.

Este un mijloc minunat de adaptare la condițiile schimbătoare, mereu noi, mereu altele, ale lumii înconjurătoare. Începuturile acestui lucru minunat îl găsim tocmai aici, la viermele acesta umil, pe care poate că l-ai călcat uneori cu piciorul fără să-l bagi în seamă.

Și sensul adînc al schimbării intervenite în relațiile dintre animal și mediu prin apariția senzațiilor ni se dezvăluie mai bine dacă avem în vedere și o altă cucerire fundamentală, strîns înrudită cu prima.

Lumina e evitată pentru că lumina, dacă e ceva mai intensă, usucă, arde pielea animalului. Din același motiv, întunericul e căutat.

Dar, iată că lumina sau umbra pot fi importante și pentru altceva. Ele pot anunța ceva, pot folosi numai ca soli ai prezenței unui lucru, care el însuși poate fi util sau dăunător. Lumina poate vesti pericolul, pentru că lumina înseamnă lipsa de adăpost. Întunericul, dimpotrivă, anunță, semnalizează adăpostul.

Are, într-adevăr, lumina pentru vierme și rolul de sol, de mesager, de semnal, sau efectul ei este numai direct, prin acțiunea distrugătoare pe care o produce?

Dacă împrejurările ar face ca o lumină slabă să fie însoțită de ceva folositor și atractiv, de mîncare de pildă, iar întunericul să ducă la o întîmplare nefericită, de exemplu contactul cu un fir încărcat electric? Efectul luminii și al întunericului s-ar schimba, oare?

Și iată ce a făcut un cercetător. Viermele de mare Nereis, unul dintre viermii cei mai înțelepți, preferă locurile închise, strîmte, în care se vîră. În fundul unui tub, cercetătorul i-a pregătit ceva de mîncare și viermele se vîra uneori acolo ca să mănînce. Ori de cîte ori observa că viermele se îndrepta spre tub, experimentatorul proiecta asupra lui un fascicol de lumină.

Și, iată, că după vreo 60 de experiențe, faptul extraordinar se produce! Lumina devine semnal! De unde, înainte, lumina nu avea alt efect decît acela de a face viermele să tresară și să se ascundă, acum

lumina determină o nouă mișcare: căutarea hranei. Animalul nu se mai vîră oricînd în tubul în care i se pregătește mîncarea. El așteaptă! Așteaptă *întîi* semnalul și *pe urmă* se duce. Animalul a învățat ceva nou, ceva ce nu știuse de la început, a învățat să reacționeze la lumină altfel decît îl pregătise pentru aceasta ereditatea sa, sistemul reflexelor sale înnăscute. Lumina nu mai este un excitant doar prin sine. Ea are o semnificație, ea anunță ceva.

E doar un început foarte sărac. Nu poți obține multe combinații de felul acesta. Învățătura aceasta se prinde greu, greu de tot la vierme. Numărul faptelor care pot servi drept semnal este extrem de redus. Dar lucrul fundamental s-a petrecut.

Între anumite influențe ale lumii din afară — o lumină, o umbră, o anumită poziție în spațiu — și comportarea animalului, se pot stabili legături noi, care să reflecte experiența sa individuală și care se adaugă, se suprapun peste reflexele sale înnăscute, cu care se nasc toate animalele speciei sale.

Asemenea reflexe dobîndite au fost numite reflexe condiționate, de către I.P. Pavlov, deosebindu-le de cele înnăscute, pe care le-a numit necondiționate.

Și umbra a putut fi transformată în semnal. Se știe că rîma caută umbra, întunericul. Un experimentator a început să aplice un șoc electric unei rîme, ori de cîte ori aceasta încerca să intre în umbră. După vreo 100 de combinații, rîma a început să evite umbra! Umbra care altădată o atrăgea, și-a schimbat rolul și efectul! Ea a devenit un semnal de pericol!

Sigur, dacă în locul unei lumini albe vom folosi la un moment dat o lumină roșie sau o lumină verde, nu se va întîmpla nimic deosebit. Aceeași reacție va apărea în toate cazurile. Ceea ce înseamnă că această semnalizare se realizează încă extrem de simplu, de rudimentar, de grosolan.

Noi vedem în jurul nostru obiecte nenumărate pe care le recunoaștem după culoarea, după forma, după așezarea lor. Putem distinge sute de nuanțe de culoare,

de luminozitate, şi fiecare dintre aceste nuanţe poate căpăta alt înţeles pentru noi.

La vierme, care, dacă şi-ar putea da seama, ar fi poate foarte mîndru de capacitatea sa minunată de a se orienta după semnale, totul se reduce la o biată diferenţă dintre umbră şi lumină. Dar esenţial este faptul că poate învăţa să folosească lumina sau umbra ca semnale pentru a-şi căuta activ hrana sau pentru a se feri activ, din vreme, de pericol.

Asemenea experienţe la animale mai simple decît viermii n-au dus la rezultate pozitive. Niciodată un excitant nu-şi modifică efectul asupra amoebei, cu orice ar fi asociat acest excitant. Dacă animalul e flămînd, se comportă faţă de hrană altfel decît dacă e sătul. Problema este, însă, dacă un excitant oarecare — lumină, atingere, o acţiune chimică — poate dobîndi o valoare nouă pentru animal, deci nu în funcţie de starea de moment a organismului, ci în funcţie de experienţa anterioară a animalului.

Or, felul în care o amoebă, un burete, o hidră răspund unei atingeri, unei influenţe chimice, unui fascicul de lumină (dacă răspund în vreun fel) nu depinde de experienţa anterioară a animalului. Animalele acestea nu învaţă din experienţa lor[1].

Şi la vierme posibilitatea de a se orienta după semnale, a căror semnificaţie a fost stabilită prin ex-

[1] Unii cercetători afirmă că au putut forma reacţii condiţionate simple şi la animale monocelulare, la infuzori. Aceste rezultate au fost contestate. Oricum, infuzorii nu reprezintă organisme primitive, ci animale care deşi monocelulare, au o organizare destul de complexă ca rezultat al unei îndelungate evoluţii. E vorba însă de o evoluţie care a mers pe altă linie decît cea de care ne ocupăm acum, evoluţie în care perfecţionările succesive au rămas în cadrul celulei unice şi n-au dus la asocieri în organisme pluricelulare.

Alţi cercetători socotesc că au putut forma reacţii condiţionate şi la hidră. Dar şi aceste rezultate sînt contestate. Viermele este animalul cu organizarea cea mai simplă la care formarea reflexelor condiţionate este un fapt sigur.

perienţa proprie a animalului, nu are încă decît o importanţă foarte redusă. Viaţa acestor animale este încă extrem de simplă, de uniformă, de stereotipă, stăpînită de reflexele lor înnăscute, gata formate de la naştere: reflexe de tresărire la o atingere, de retragere la o lumină, de săpare a adăpostului, de împerechere. Viaţa lor se desfăşoară şi se consumă cu ajutorul acestor mijloace rudimentare, preformate. Dar un pic de variaţie, de noutate, de individualitate a început să se manifeste!

Simţirea, desprinsă din excitabilitatea primitivă în care era blocată, odată apărută, se va pune în slujba acestei activităţi de semnalizare în folosul căreia se va perfecţiona neîncetat.

Senzaţiile animalului aşa umile, aşa sărace cum sînt — o durere, o iluminare, o apăsare, un miros — vor începe să servească animalului ca să recunoască hrana, adăpostul, primejdia.

INSTINCT ŞI ÎNŢELEPCIUNE

Pornind de la acelaşi element de bază — neuronul — natura, în nesecata ei inventivitate, a găsit, în cursul milioanelor de ani, mereu noi forme de organizare, noi principii de activitate, permiţînd sistemului nervos să-şi îndeplinească cu mai mult succes rolul de coordonator al relaţiilor dintre organism şi mediu.

Principiul acesta al cooperării dintre neuroni în organizaţii din ce în ce mai complexe — fără pierderea individualităţii — s-a dovedit a fi de mare valoare.

În locul unui sistem nervos fărîmiţat în cîteva zeci de sub-centrale (perechile de ganglioni), deservind

în bună parte independent, autonom, cîte un fragment, cîte o părticică a organismului, se constituie, pe treptele superioare de dezvoltare, forme de sistem nervos, în care milioane şi milioane de neuroni se strîng în numai cîteva mari sub-centrale, ceea ce permite o mai bună coordonare a întregii activităţi.

Pe linia de dezvoltare a moluştelor — cu animale cum sînt scoicile, melcii, şi ajungînd la caracatiţe, sepia, calmari — nu se mai vede lanţul zecilor de ganglioni străbătînd uniform tot corpul. Totul se reduce la 5—6 perechi de ganglioni mari aşezaţi în diferite părţi ale corpului: în cap, în picior, în trunchi. Din cauză că, la aceste animale, sub-centralele nervoase (ganglionii) nu par a fi aşezate după vreo ordine (ca la viermi, de pildă, unde formează un lanţ), ci par mai mult risipite în organism, sistemul nervos ganglionar al acestor animale este numit (datorită formei) şi sistem nervos dispersat — adică risipit.

Importantă este însăşi gruparea într-un număr mic de unităţi mari, acestea avînd la rîndul lor, între ele, relaţii mai strînse.

Cu insectele, care formează treapta superioară a unei alte linii de dezvoltare, cea a artropodelor (cuprinzînd, în afară de insecte, animale ca racii, păianjenii etc.) principiul centralizării şi coordonării în activitatea sistemului nervos ajunge la un grad şi mai înalt.

Aici, pe această linie de dezvoltare se păstrează lanţul ganglionar. Dar ganglionii fiecărei perechi s-au apropiat aşa de mult, încît s-au unit. De aceea, la insecte nu se vede scara de frînghie cu două lanţuri paralele, ci un singur şir de umflături nervoase străbătînd în lung cele trei părţi ale corpului insectelor: capul, toracele şi abdomenul.

Ce mare deosebire, în structura organismului şi în comportare între insectă şi vierme! În locul a zeci de segmente egale, găsim la insecte un cap, un torace, un abdomen, bine diferenţiate. Găsim o armătură a gurii, complicată: fălci (mandibule), buze (labium),

palpi, trompă pentru supt etc. Găsim picioare articulate pentru alergat, aripi pentru zburat.

Pentru a pune în mișcare toate acestea e nevoie de o musculatură puternică, variată și agilă. La vierme totul se reduce la o teacă țesută din fibre musculare care străbat învelișul corpului în lung și inelar. Dar la insecte e nevoie de mușchi, care pun în mișcare aripile (400 de bătăi pe secundă, la albine !), picioarele, diferitele piese ale gurii etc.

Datorită picioarelor, dar mai ales datorită aripilor, insectele pot străbate zeci, sute, mii de metri. La ce ar putea folosi această enormă capacitate de mișcare, de deplasare în spațiu, dacă ea n-ar putea fi subordonată unor acțiuni folositoare în legătură cu prezența unor anumite obiecte sau substanțe necesare hranei, înmulțirii, creșterii larvelor?

Aici nu e vorba numai de a tresări la o atingere, de a șerpui corpul pe lîngă o piatră, de a simți prezența hranei la 2—3 cm distanță. Albina străbate kilometri întregi pentru a-și găsi florile sau a-și regăsi stupul. Unii fluturi își găsesc partenerii de sex opus cu ajutorul mirosului la distanțe de 2—3 kilometri!

14. Sistemul nervos ganglionar al unei insecte (albina).

În locul primelor zvîcniri obscure ale sensibilității, abia desprinse din circuitul arcului reflex, așa cum le-am găsit la vierme, ce varietate de lumini, culori, parfumuri, gusturi și poate chiar sunete în lumea spațiului vast al insectei!

În locul sărăcăciosului simț chimic se dezvoltă, pe de o parte domeniul parfumurilor, al mirezmelor aducătoare de

veşti de la mari depărtări, pe de altă parte gustul, simţ de contact, informînd direct despre hrana consumată.

În locul unei sensibilităţi generale la lumină — redusă la vierme doar la diferenţieri grosolane de intensitate — o varietate de culori, tonuri, străluciri, saturaţii.

În locul unei vagi simţiri a atingerilor, ce delicată sensibilitate pentru cele mai uşoare adieri ale aerului sau pentru vibraţiile transportînd soliile sunetelor! Toate acestea înseamnă că analizatorii insectelor au atins un grad mai înalt de perfecţionare şi specializare.

Încă de la viermii superiori celulele specializate în recepţionarea unor anumite forme de energie s-au grupat, cum am văzut, formînd organele de simţ — partea receptoare a analizatorului. În dezvoltarea mai departe a organelor de simţ se formează şi se perfecţionează dispozitive ajutătoare care au rolul de a contribui la o cît mai bună folosire a informaţiilor sosite din lumea externă.

Cucerind spaţiul prin mişcare, insecta trebuie să-l cucerească, în primul rînd, prin simţire. Cu cît e mai precisă aprecierea direcţiei din care soseşte raza de lumină, mireazma, vibraţia, cu atît e mai sigur succesul insectei care străbate spaţiul pentru a-şi afla hrana, cuibul, partenerul, puiul, cu ajutorul acestor veşti.

Dar cucerirea spaţiului nu se putea reduce doar la distanţe şi direcţii. Galbenă poate fi şi o frunză, poate fi şi o petală, poate fi şi culoarea unui zid. Formele nu pot fi neglijate, trebuie şi ele descoperite, oglindite, pentru a întregi informaţiile atît de preţioase ale culorilor. Albinele pot fi dresate să-şi găsească siropul dulce pe triunghiuri, pe cercuri, pe pătrate (cînd sînt tinere) sau pe forme mai complicate, amintindu-le pe cele ale florilor, cînd experienţa le-a deprins, în căutarea nectarului, să se bizuie pe astfel de forme. Văzul albinelor a ajuns la un asemenea grad de dezvoltare, încît le permite să distingă nu numai

nuanțe de lumini și culori, ci și formele obiectelor respective.

Nu mai e vorba de mișcări simple, izolate, prin care animalul, răspunzînd unei influențe din afară, se apără sau își procură hrana, cum se petrec lucrurile la vierme.

Procurarea hranei, construirea adăpostului, creșterea puilor se desfășoară la insecte sub forma unor acțiuni foarte complicate, cerînd zeci și sute de mișcări care se succed cu o uimitoare precizie.

Albinele construiesc celulele hexagonale ale fagurilor cu o desăvîrșită măiestrie. Ele își îngrijesc și-și hrănesc larvele ca cele mai devotate doici. Larvele tinere (care au atins vîrsta de 6 zile) sînt hrănite cu un fel de lapte secretat de glandele albinelor. Larvele mai vîrstnice sînt hrănite apoi cu miere bogată în polen. Celulele în care se dezvoltă larvele sînt îngrijite, curățate, stupul este aerisit permanent, e apărat de dușmani de către albine avînd aceste atribuții.

Diverse specii de viespi folosesc un mijloc extrem de ingenios pentru a pregăti larvelor lor o hrană proaspătă, o hrană vie. Ele prind anumiți gîndaci și strecurîndu-și acul veninos sub învelișul tare, înțeapă exact în locurile unde se află ganglionii lanțului nervos al victimei. Dar această înțepătură nu ucide, ci paralizează. Gîndacul imobilizat este tras într-o gropiță special pregătită și, apoi, viespea își depune ouăle pe el. Viespea iese și pleacă, după ce a astupat bine cuibul în care progenitura sa se va dezvolta. Larva se va putea hrăni, consumînd în liniște din corpul viu, dar incapabil să se apere, al gîndacului.

Previziune?

Într-un anumit sens, da. Dar nu o previziune a viespei, care nu asistă niciodată la urmările actelor ei, care nu-și va vedea niciodată progenitura, despre care, deci, nu putem spune că își realizează un scop — din moment ce rezultatul îi este complet ascuns.

Acțiunile insectelor sînt constituite din șiruri de mișcări, din șiruri de reflexe, ducînd, printr-o admi-

rabilă înlănțuire, la un rezultat mai mult sau mai puțin îndepărtat, dar în orice caz folositor, de mare importanță pentru viața individului sau pentru continuarea speciei. Acestea sînt instinctele.

De unde posedă albina, viespea, furnica, termitele atîta știință — anatomie, fiziologie, arhitectură, geometrie, agronomie etc — toată această știință misterioasă a instinctelor?

Au o școală tainică, ascunsă în cuiburile lor, unde își capătă și își desăvîrșesc aceste cunoștințe?

Da, există o școală, dar la această școală învață nu individul, ci specia! Să luăm, de pildă, geometria și arhitectura albinei în construirea celulelor hexagonale ale fagurelui. Celulele bondarului, ruda mai apropiată a albinei, sînt niște celule rotunde, izolate, așa cum au arătat, probabil, și celulele strămoșilor albinelor de azi.

Celulele speciei de albine Melipona, care trăiește în Mexic, reprezintă o fază mai înaintată, o fază intermediară. Acestea nu mai sînt izolate ca la bondari, ci reunite în fagure. Forma lor, însă, continuă să fie sferică.

Cum, de la cine au învățat albinele melifere, cele mai evoluate, să-și facă celulele lor perfect hexagonale?

E evident că celulele sferice fac risipă de spațiu, de material și de muncă și trebuie să reprezinte un stadiu mai înapoiat. Între celulele sferice rămîn goluri neîntrebuințate. Fiecare se construiește separat, cu pereți care nu-i folosesc decît celulei respective.

E foarte firesc ca uneori, într-un spațiu restrîns, celulele să fi fost construite mai înghesuit, cu pereții lipiți mai strîns. Celulele astfel înghesuite sacrifică puțin din perfecțiunea formei sferice. Dar cu cît au fost construite mai înghesuit, cu atît s-au putut construi mai multe, cu mai puțin efort și cu mai puțin material. Colonia respectivă era în avantaj, era mai numeroasă și mai puternică. Legea aceasta a economiei de spațiu, efort și material prin înghesuirea celulelor, prin turtirea formei pereților, rămîne vala-

bilă pentru toate generațiile, milioane și milioane de generații. Condițiile de viață își spun neîncetat cuvîntul!

Dacă, într-o colonie, albinele își construiesc celulele mai puțin sferic, dar mai înghesuit, mai economic, ele au șanse să reziste mai bine, chiar în condiții mai puțin prielnice.

Ele au, deci, și șanse să se înmulțească mai bine, să lase urmași dintre care cel puțin unii vor păstra, printre alte caractere ale generațiilor anterioare, și pe acela de a construi celule înghesuite. În noua generație, de asemenea, vor rezista mai bine coloniile în care construcția se face după procedeul mai economic.

Chiar dacă economia nu este deosebit de importantă, dar în cursul a milioane de generații s-au ales, treptat-treptat, albinele care păstrau în ereditatea lor felul acesta de a construi celulele, pentru că albinele respective erau, tocmai prin această însușire, mai bine înzestrate pentru viață.

Legea aceasta a economiei maxime de spațiu, efort și material acționînd permanent, pentru milioane de generații de albine, a dus treptat la celulele care satisfac perfect legea respectivă: celulele hexagonale. Pentru aceasta nu e nevoie ca albinele să știe geometrie, după cum nu e nevoie ca apa unui rîu să cunoască legile hidrodinamicii pentru a curge în direcția celei mai mici rezistențe și a celei mai mari pante.

Tocmai aceasta este teoria evoluției speciilor prin selecția naturală, creată de marele naturalist englez Darwin.

Sîntem uimiți de complexitatea și perfecțiunea instinctelor, pentru că ținem seama numai de ceea ce vedem azi, fără să ne gîndim că fiecare amănunt al acestui minunat mecanism a fost cîștigat în milioane și milioane de ani de încercări și transformări, sub semnul adaptării la condițiile de viață.

Faptul fundamental, așa cum au arătat I.P. Pavlov și V.I. Miciurin, este acela că însușirile folositoare dobîndite de indivizii unei generații, în raport cu

condițiile de viață, nu se pierd prin dispariția acestei generații, ci, într-o măsură mai mică sau mai mare, beneficiază de ele și generațiile următoare, care le preiau prin ereditate.

Schimbările suferite de o generație sau chiar de cîteva zeci de generații pot fi neînsemnate și greu de remarcat. Dar în milioane de ani, acumulîndu-se treptat, pot duce la transformări apreciabile ale speciei de animale sau la transformarea speciei însăși, în raport cu cerințele mediului.

Fiecare insectă își procură hrana, își construiește adăpostul, se înmulțește, se îngrijește de larve printr-un șir de acte perfect adaptate, dar care nu sînt rezultatul unei experiențe pur individuale. Fiecare individ nu face decît să pună în funcțiune mecanisme gata făcute, moștenite de la strămoșii săi, rezultatul experienței milioanelor de generații care l-au precedat. De aceea, viața unei insecte se desfășoară după o schemă foarte amănunțită, aceeași pentru toți indivizii speciei, din care insecta aproape că nu poate să iasă. Avantajul unei astfel de scheme prestabilite, înnăscute, constă în faptul că oferă animalului, de-a gata, mijloace perfecționate de viață.

Dezavantajul este că, în cazul unor schimbări mai importante ale condițiilor de viață (schimbări ale temperaturii, absența unor resurse potrivite de hrană etc.), animalul este silit, adesea, să piară din cauză că posibilitățile sale de a reacționa, deși complexe, sînt totuși prea fixe, rigide.

Dar insecta sau paianjenul nu sînt mașini. Înăuntrul acestor scheme — care nu sînt altceva decît instinctele — sînt posibile variații în mișcări, în comportare, cerute de diversitatea împrejurărilor.

Mai mult: asemenea lanțuri complicate de acte, cum sînt instinctele, chiar dacă se realizează după scheme prestabilite, ar fi imposibile dacă n-ar exista și un grad suficient de plasticitate a comportamentului. Ca să-ți găsești, după miros, florile preferate, la distanțe de sute de metri, trebuie nu numai să le recunoști

prezența, dar trebuie să poți învăța destul de repede drumul respectiv — ca și drumul înapoi la stup.

Odată găsită o regiune în care cresc florile preferate, albina va învăța drumul folosind pentru aceasta repere diferite: vizuale, olfactive.

Ce să mai vorbim de furnică! Mica insectă poate avea de parcurs drumuri mai mult sau mai puțin accidentate în jurul cuibului ei. Ea se poate orienta, pentru a-și găsi drumul, după direcția razelor solare, după forma terenului, după dîrele mirositoare lăsate de semenele ei.

Fiecare grăunte de nisip, fiecare fărîmă de frunzuliță, fiecare cotitură, întîlnite în drum, devin semnale, devin excitanți care vor lua parte la orientarea insectei în regăsirea cuibului ei.

De la viermi la insecte n-a crescut, deci, numai zestrea de reflexe necondiționate, complicîndu-se și perfecționîndu-se sub formă de instincte. A crescut și posibilitatea animalului de a-și agonisi o oarecare, o mică experiență individuală oglindind condițiile individuale, particulare, ale propriei sale existențe.

Cineva povestea următoarea întîmplare. La o mică gheretă cu siropuri s-a remarcat într-o vară o invazie de furnici. Veneau harnicele strîngătoare cu sutele, în șiruri lungi de cîteva zeci de metri, de la furnicarul din apropiere, ca să guste din siropul dulce. Și aveau de traversat, pentru aceasta, o stradă lată, foarte aglomerată.

În vara următoare, ce să vezi? Intr-o bună zi, pornind de la același furnicar, începe să se formeze din nou, întîi mai subțire și apoi din ce în ce mai aglomerat, lungul șirag al sutelor de exploratoare care au stabilit repede legătura cu ghereta de siropuri! Ce memorie grozavă! a exclamat povestitorul. Ce reflexe condiționate stabile! am spune noi.

Mulți cercetători s-au interesat de posibilitatea formării reflexelor condiționate la insecte, în special

prezența, dar trebuie să poți învăța destul de repede drumul respectiv — ca și drumul înapoi la stup.

Odată găsită o regiune în care cresc florile preferate, albina va învăța drumul folosind pentru aceasta repere diferite: vizuale, olfactive.

Ce să mai vorbim de furnică! Mica insectă poate avea de parcurs drumuri mai mult sau mai puțin accidentate în jurul cuibului ei. Ea se poate orienta, pentru a-și găsi drumul, după direcția razelor solare, după forma terenului, după dîrele mirositoare lăsate de semenele ei.

Fiecare grăunte de nisip, fiecare fărîmă de frunzuliță, fiecare cotitură, întîlnite în drum, devin semnale, devin excitanți care vor lua parte la orientarea insectei în regăsirea cuibului ei.

De la viermi la insecte n-a crescut, deci, numai zestrea de reflexe necondiționate, complicîndu-se și perfecționîndu-se sub formă de instincte. A crescut și posibilitatea animalului de a-și agonisi o oarecare, o mică experiență individuală oglindind condițiile individuale, particulare, ale propriei sale existențe.

Cineva povestea următoarea întîmplare. La o mică gheretă cu siropuri s-a remarcat într-o vară o invazie de furnici. Veneau harnicele strîngătoare cu sutele, în șiruri lungi de cîteva zeci de metri, de la furnicarul din apropiere, ca să guste din siropul dulce. Și aveau de traversat, pentru aceasta, o stradă lată, foarte aglomerată.

În vara următoare, ce să vezi? Intr-o bună zi, pornind de la același furnicar, începe să se formeze din nou, întîi mai subțire și apoi din ce în ce mai aglomerat, lungul șirag al sutelor de exploratoare care au stabilit repede legătura cu ghereta de siropuri! Ce memorie grozavă! a exclamat povestitorul. Ce reflexe condiționate stabile! am spune noi.

Mulți cercetători s-au interesat de posibilitatea formării reflexelor condiționate la insecte, în special

la albine și la furnici. Iată o experiență făcută cu albine :

Un cercetător a luat mai multe cartonașe colorate în diferite culori. Pe unul din cartonașe, de pildă unul albastru de o anumită nuanță, el a pus o picătură de sirop.

Albinele, care-și aveau stupul în apropiere, au zburat în jurul cartonașelor, le-au cercetat și, treptat, au început să viziteze din ce în ce mai des cartonașul albastru cu picătura de sirop.

La un moment dat, cercetătorul a scos din grupul de cartonașe colorate pe cel cu sirop și a pus în locul lui un altul, tot albastru, dar curat. Albinele continuau să sosească în locul respectiv. Apoi, cartonașul albastru a fost așezat printre cartonașe în altă parte, în altă poziție. Și, deși nu avea nici un fel de sirop pe el, albinele îl căutau totuși. Ce s-a întîmplat? Culoarea albastră se asociase cu substanța hrănitoare și devenise semnalul care vestea albinei prezența substanței hrănitoare. Culoarea albastră, care înainte nu producea nici o reacție deosebită a insectei, cîștigase acum pentru ea o anumită valoare, o anumită importanță biologică și vestea acesteia, de la distanță, locul unde se afla hrana. Culoarea albastră, care fusese inițial un excitant indiferent, devenise un excitant condiționat capabil de a declanșa o reacție a albinei: căutarea hranei.

De ce „condiționat"? Deoarece culoarea albastră, ca și orice altă culoare, nu are puterea de a declanșa prin sine un răspuns al animalului. Această putere o capătă numai cu condiția asocierii sale cu un alt excitant care are o asemenea putere, de pildă hrana. Hrana, ea, este un excitant necondiționat. Și, se înțelege, nu numai culoarea albastră a putut servi ca excitant condiționat. Același lucru s-a obținut și cu alte culori.

S-au făcut experiențe prin care s-a dovedit că albinele își pot regăsi stupul după anumite desene colorate, pictate la intrarea stupului. Aceste desene devin

semnale care vestesc albinei, pe cale vizuală, prezența adăpostului ei.

Cercetătorii sovietici Gubin și Smaragdova și-au pus problema să folosească albinele pentru intensificarea polenizării florilor de trifoi. Dar cum să convingi albinele să viziteze mai des florile de trifoi?

Experimentatorii au început să hrănească albinele cu sirop de zahăr, asociind însă hrana cu mirosul florilor de trifoi. S-a format astfel un reflex condiționat în care chiar mireazma trifoiului devenise semnalul, adică excitantul condiționat. Albinele au început să viziteze mult mai des florile de trifoi decît înainte și recolta a crescut de trei ori prin această metodă.

Iată, deci, cum această capacitate de orientare pe bază de semnale — luminoase, olfactive etc. — crește și se dezvoltă pe drumul parcurs de natură de la stadiul de vierme la stadiul de insectă.

Acestei capacități de orientare pe bază de semnale, pe bază de semnalizare i se subordonează, în primul rînd, simțurile animalului.

Faptul că animalul *vede de departe* culoarea unui obiect, faptul că simte de departe mirosul, îi permite să folosească aceste însușiri, oglindite din vreme sub formă de senzații, ca repere, ca semnale, ca indicatori ai prezenței hranei, adăpostului, semenilor etc.

Într-o formă mult mai dezvoltată, mai perfecționată, lucrurile se petrec tot așa și la noi, oamenii. Intru în casă. Mi-e foame și aș vrea să mănînc. E foarte simplu: văd pîinea și o recunosc după formă, după culoare. Deci, de departe acest aliment își vestește, își semnalează prezența cu ajutorul razelor de lumină care pornesc de la el, bine înțeles, pentru cine „are ochi să vadă", adică, pentru cine are aparate receptoare în stare să recepționeze aceste raze și să reconstituie imaginea obiectului.

Dar eu mai simt ceva, mai percep ceva. Dinspre bucătărie soseşte un miros îmbietor de prăjit și aud

și sfîrîitul din tigaie. Ah! Niște pîrjoale delicioase mă așteaptă. Forma, culoarea pîinii, mirosul pîrjoalelor, sfîrîitul untdelemnului, toate acestea sînt semnale, sînt excitanți condiționați. Înțelesul lor eu l-am învățat din experiența mea, din fragedă copilărie.

Faptul că am aceste senzații înainte ca alimentele respective să se afle în gura mea, îmi dă posibilitatea să mă îndrept spre ele, să le caut, să le găsesc și să nu aștept ca prin cine știe ce minune să ajungă singure în gura mea.

Se înțelege, oglindirea lumii exterioare la animale este incomparabil mai săracă decît la om. Varietatea senzațiilor pe care lumea exterioară le poate declanșa la o insectă este mult mai mică decît la om. Capacitatea ei de a învăța să folosească aceste însușiri ale lucrurilor (lumini, forme, culori, mirosuri) pe care senzațiile i le dezvăluie — ca repere, ca semnale — este mult, mult mai mică decît la om.

Mai mult: dezvoltarea insectelor a mers mai ales pe linia îmbogățirii capitalului ereditar, pe linia înzestrării animalului, de la început, de la naștere, cu mijloace de acțiune cît mai perfecționate, corespunzătoare condițiilor specifice de viață.

Avînd o zestre mare de instincte, cu ajutorul cărora își construiește adăpostul, își găsește hrana, își crește urmașii, insecta e scutită, în mare măsură, de încercări, de căutări, de insuccese. Nevoia ei de agonisire a unei experiențe individuale e relativ mică. Nevoia ei de a folosi repere vizuale, mirositoare etc., al căror sens să-l stabilească abia prin propria ei experiență, e relativ mică. De aceea, rolul reflexelor condiționate în viața acestor animale este relativ redus. Cele care se formează în cursul vieții animalului, reprezentînd mica sa achiziție individuală, nu sînt decît variații pe tema fundamentală a instinctului.

SEMNALIZAREA DEVINE UN PRINCIPIU DE BAZĂ AL RELAȚIILOR CU MEDIUL

Pe o linie de dezvoltare, în bună măsură diferită, au mers animalele vertebrate: peștii, broaștele, reptilele, păsările, mamiferele.

Ce înrudire este între vertebrate și insecte sau, mai precis, între Vertebrate și Artropode? Se trag, oare, vertebratele din același strămoș îndepărtat din care se trag racii, păianjenii, albinele, furnicile, adică din viermе?

Greu de răspuns.

Legătura dintre viermi (e vorba de viermii superiori, inelați) și Artropode e mai clară și mai sigură. Chiar sistemul nervos construit după același principiu — lanțul de ganglioni așezat ventral, adică sub tubul digestiv — este o mărturie în acest sens.

La vertebrate, arhitectura sistemului nervos este diferită. Mai există și aici noduri de substanță nervoasă sub formă de ganglioni, răspîndite în corp, dar ele nu formează decît o parte redusă a sistemului nervos.

La vertebrate, sistemul nervos se prezintă sub forma unui tub așezat în lungul corpului. Cuvîntul tub trebuie luat în sensul lui obișnuit — adică: gol pe dinăuntru, cum e o țeavă de apă.

Substanța nervoasă formează tocmai peretele acestui tub — denumit de aceea tub neural.

La animalele cu o organizare foarte simplă, înrudite cu vertebratele cum este Amfioxus, sistemul nervos se reduce numai la un asemenea tub.[1]

---

[1] Animalele vertebrate (cu coloană vertebrală) formează o subîncrengătură. Încrengătura întreagă poartă numele de Cordate și de ea aparține și subîncrengătura Acraniate, animale cu o organizare foarte simplă — cum e, de pildă, Amfioxul.

La vertebrate, însă, capătul anterior al tubului neural se umflă formînd o băşică — şi ea goală pe dinăuntru. Umflătura aceasta a părţii anterioare a tubului devine encefalul sau creierul, iar restul tubului formează măduva spinării aşezată în coloana vertebrală (şira spinării).

Umflătura dinainte, pe măsura dezvoltării fătului (dezvoltarea embrionară) se divide la rîndul ei în trei şi apoi în cinci umflături, care formează tot atîtea părţi principale ale creierului vertebratelor: bulbul, creierul mic, creierul mijlociu, creierul intermediar şi creierul mare.

Chiar dacă ar fi să credem că măduva şi creierul care formează partea cea mai de seamă a sistemului nervos al vertebratelor, provin din ganglioni (ca cei ai viermilor) care s-au apropiat, s-au contopit şi s-au unit, cum să explicăm forma de tub, gol pe dinăuntru?

Şi apoi, ceea ce reprezintă de asemenea o deosebire foarte importantă, măduva şi creierul vertebratelor sînt aşezate dorsal, adică spre spate, deasupra tubului digestiv şi nu dedesubt — ca şi cînd, dacă strămoşul îndepărtat al vertebratelor ar fi fost un vierme, acest vierme ar fi trebuit să se fi răsturnat cîndva pe spate, în cursul evoluţiei.

Începuturile acestei grupe de animale se pierd în negura vremurilor şi rămîne ca ştiinţa să regăsească acele verigi intermediare prin care se leagă de marele curs al dezvoltării speciilor de animale.

În tot cazul, această cale, această linie de dezvoltare s-a dovedit cea mai norocoasă: ea a dus, în cele din urmă, la apariţia omului.

Elementul esenţial din care e format sistemul nervos al vertebratelor este tot neuronul cu proprietatea sa de a conduce excitaţia, mesajul nervos, într-un singur sens. Rolul său fundamental este acelaşi: de element de conexiune, de element prin care se face legătura între aparate receptoare şi aparate de răspuns, de mişcare.

Mai departe: principiul cooperării, al conlucrării între neuroni, grupați, organizați, se păstrează și la vertebrate.

Și la vertebrate această conlucrare organizată se realizează printr-o ierarhizare a rolului diferitelor părți, unele părți fiind, în activitatea lor, subordonate altora, pînă la un for suprem care conduce și coordonează totul.

Și adevărul este că între un pește și un vierme superior nu se observă mari deosebiri în ceea ce privește aspectele principale ale comportamentului lor. Tot mișcări mai mult sau mai puțin coordonate datorită cărora animalul se hrănește, înoată, se apără, mișcări în mare parte stereotipe, uniforme sînt și la unul și la celălalt.

Și dacă am compara o pasăre cu o insectă, am putea stabili neîndoielnic care dintre ele are o comportare mai complexă, mai perfecționată? Și într-un caz și în celălalt e vorba tot de o comportare bazată pe instincte, adică pe acțiuni complicate, perfecționate — mai complicate și mai perfecționate decît la pește sau la vierme — dar tot uniforme, tot stereotipe, tot înnăscute, înfăptuindu-se prin punerea în mișcare a unor mecanisme înnăscute.

S-ar părea, pînă aici, că peștii, batracienii, reptilele, păsările, mamiferele au urmat aceleași căi de perfecționare ca și racii, păianjenii, insectele (cu sistemul lor nervos ganglionar): o cît mai bogată moștenire de reflexe, un animal fiind cu atît mai adaptat pentru viață cu cît e mai bogată moștenirea sa de reflexe — rod al experienței generațiilor anterioare — de pe urma căreia n-are decît să se bucure.

În realitate, însă, de la pești la reptile, de la reptile la mamifere natura urmează o linie de dezvoltare întru cîtva diferită.

Înainte vreme, cîte un moșier bogat își zicea: trebuie să strîng avere cît mai multă: pămînturi, case, bani, pentru ca urmașii mei să trăiască fără grijă. Ei nu vor avea decît să culeagă roadele muncii strămoșilor

lor, bucurîndu-se, în tihnă şi fără să-şi bată capul, de ceea ce au adunat aceştia. Dacă vor putea adăuga şi ei ceva la bogăţia aceasta, bine, dacă nu, se vor folosi de roade şi o vor transmite la rîndul lor urmaşilor.

Un părinte mai luminat îşi zice, însă, aşa: lucrul cel mai de seamă este să dau copiilor putinţa să se descurce singuri în viaţă. Nu se ştie prin ce împrejurări vor trece. Trebuie să înveţe o meserie bună, să aibă cunoştinţe variate, să fie harnici, întreprinzători. Pe scurt, ei trebuie să fie în stare ca, în orice împrejurări ar trăi, să se poată descurca mai ales prin posibilităţile proprii şi să se bizuie cît mai puţin pe ajutorul sau pe averea părinţilor.

Cam aşa, pe aceste direcţii a mers şi natura în evoluţia filogenetică.

Pe linia care a culminat cu insectele superioare — albine, furnici, termite — s-ar părea că natura s-a străduit în a agonisi o cît mai mare avere strămoşească, constînd dintr-o aparatură complicată şi perfecţionată de reflexe necondiţionate.

Pe linia care a culminat cu mamiferele superioare şi în cele din urmă cu omul, natura pare să se fi străduit a oferi fiecărui individ capacitatea de a dobîndi o cît mai bogată şi folositoare experienţă individuală, sub formă de reflexe condiţionate.

Comportarea insectelor, deşi complexă şi perfecţionată, are dezavantajul că e rigidă, greu de adaptat schimbărilor.

Mamiferele superioare însă, cum sînt cîinele, calul, pisica etc. şi mai ales maimuţa, deşi se nasc cu un fond de reflexe destul de sărac, au avantajul de a avea o comportare plastică, adaptabilă uşor împrejurărilor, prin aceea că pot învăţa din propria lor experienţă. Cu alte cuvinte, pot agonisi repede reflexele condiţionate cerute de împrejurările în care trăiesc.

Se vede că această linie de evoluţie a fost mai favorabilă pentru că a dus la maimuţele superioare şi apoi la om, care au întrecut cu mult în perfecţiune comportamentul insectelor.

Mai putem spune că la aceste animale, totul se reduce la simple variații auxiliare pe schemele fundamentale ale instinctelor, așa cum se petrec lucrurile la albine, la furnici, la termite? Despre o albină se poate prezice exact ce va face în prima zi, în a doua zi, în a treia zi de viață, cînd va lua parte la hrănirea larvelor și cînd va începe să facă zboruri de orientare. Despre albine se poate spune exact cum își vor construi fagurele, cum își vor găsi mierea, și așa mai departe.

Dar despre un cîine, o pisică, un cal, se poate prezice cu aceeași precizie cum li se va desfășura viața, cum își vor procura hrana, cum va arăta adăpostul lor, pe cine vor simți dușmani și pe cine prieteni? Nu sînt toate acestea în funcție mai ales de viața pe care o va duce animalul însuși, de cele ce va învăța el din propria sa experiență?

Sigur, și aici sînt instincte, și aici sînt reflexe necondiționate care constituie punctul de plecare! Dar pe temelia acestor mijloace înnăscute, simple, rudimentare, ce experiență variată e în stare să agonisească animalul superior!

Observați mișcările unei pisici. Cu ce abilitate, cu ce agilitate a învățat să folosească fiecare spărtură, fiecare crăpătură, pentru a se strecura acolo unde mirosul unei mîncări bune o cheamă. Nu există colț al casei sau al ogrăzii care să mai fie o taină pentru ea. După ce a făcut o poznă, urmată obișnuit de bătaie, ea a învățat să se ascundă în locuri experimentate în alte împrejurări ca bune de adăpost: sub pat, într-un ungher întunecos, după ușă.

Dar cîinele, dar calul, dar elefantul? Aceste animale inteligente ajung să-l servească pe om în chip minunat, însușindu-și nenumărate deprinderi.

Ceea ce la rîmă nu este decît o excepție, ceea ce la insectă nu este decît un aspect ajutător în relațiile cu mediul, devine la aceste animale forma principală a comportării lor: reflexul condiționat.

Născute cu o zestre de reflexe relativ redusă, săracă, aceste animale au o capacitate mare de învățare, de agonisire a unei experiențe individuale.

Un număr mult mai mare de însușiri, de fenomene pot servi animalului ca semnale pentru orientarea în mediul înconjurător.

O gamă mai variată de culori, de mirosuri, de forme poate fi înregistrată de aceste animale superioare sub formă de senzații. Un nou simț, care la cele mai multe animale nevertebrate nici nu se pomenește — auzul — se dezvoltă pe linia vertebratelor, ajungînd la mamiferele superioare și apoi la om, la o extraordinară perfecțiune. Un cîine poate deosebi două sunete care diferă între ele numai cu 1/8 de ton. Și tot un cîine poate recunoaște un obiect după miros, dintre sute de alte obiecte, numai după ce a simțit mirosul respectiv o singură dată.

Cum se explică faptul că natura a urmat la vertebratele superioare (și, în special, la mamifere) această linie de dezvoltare?

Faptul esențial care s-a produs a fost trecerea acestor animale la traiul pe suprafața pămîntului.

La pești, comportarea este încă instinctivă și stereotipă. Mediul lor — apa — nu le cere altceva. Apa n-are ocolișuri, ascunzișuri, urcușuri, coborîșuri. La broaște, care trăiesc în apă dar pot trăi și pe uscat, comportarea continuă să rămînă, în mare măsură, stereotipă, cu mici posibilități de variații, de adaptare.

Reptilele au ieșit definitiv pe uscat. De aici la mamifere, pînă la maimuță și la om, natura va urma linia unei neîncetate perfecționări în privința capacității de însușire a unei experiențe individuale.

Pe uscat există nenumărate variații ale mediului. Terenul poate fi accidentat, poate prezenta denivelări, se întîlnesc gropi, rîpe, pietre, bolovani. Vegetația care acoperă pămîntul prezintă ea însăși o imensă varietate. Ierburi înalte care pot oferi un ascunziș; copaci care pot acoperi, pot ascunde un obiect dorit sau, dimpotrivă, un dușman, care pot oferi un adăpost în scorburile

lor sau printre crengile lor înfrunzite. Și așa mai departe. Toată această diversitate a terenului cere o mare agilitate în mișcări, cere viteză, siguranță, forță. Un animal care ar fi obligat să se rezume la reflexele sale înnăscute, oricît de complexe, n-ar fi în stare să se descurce într-un decor atît de variat.

Activitatea nervoasă a mamiferelor le permite, însă, să dobîndească un număr foarte mare de reflexe noi, condiționate, adică să învețe în cursul vieții să uzeze de tot acest decor complicat pentru a se ascunde, pentru a-și construi un adăpost, pentru a-și procura hrana, pentru a fugi de un atacator etc. Aceste animale învață să se folosească de tot felul de obiecte întîlnite ca semnale, ca repere, pentru a-și recunoaște adăpostul, drumul de urmat, locul unde să poată găsi hrana etc.

La maimuțe, agilitatea mișcărilor, capacitatea de învățare și utilizare a experienței trecute, capacitatea de a se descurca în împrejurări noi ajunge la un grad foarte înalt.

Este extrem de interesant să urmărești mișcările unei maimuțe care a apucat un obiect oarecare. Maimuța își ațintește asupra obiectului ochii ei vii, mobili, examinîndu-l stăruitor, amănunțit, cu inteligență și curiozitate parcă.

Maimuța se poate servi de o creangă pentru a-și apropia un fruct dorit, poate să așeze unele peste altele mai multe lăzi ca să ajungă o banană agățată la înălțime, poate construi din două bețe găurite unul singur, mai lung, cu care să-și apropie un aliment așezat dincolo de gratiile unei cuști.

Care sînt schimbările în structura sistemului nervos, ivite pe linia de dezvoltare a vertebratelor, schimbări care au permis această mare dezvoltare a plasticității, a variabilității comportamentului?

De la pești la mamifere, pe linia de evoluție a vertebratelor, se schimbă, într-o măsură mai mică sau mai

mare, structura, funcțiunile, importanța măduvei spinării și a celor cinci părți ale creierului. Ca urmare a acestor schimbări, regiunile inferioare își pierd din ce în ce mai mult independența și se subordonează celor superioare, care preiau treptat controlul întregii activități a sistemului nervos și a organismului în ansamblu.

Măduva spinării — un cordon de substanță nervoasă — reprezintă o sub-centrală funcționînd cu mecanisme automate înnăscute. Ea cuprinde centri care reglează automat anumite mișcări ale brațelor și picioarelor, transpirația, urinarea, defecația, dilatarea pupilei etc.

De la măduva spinării pornesc 31 perechi de nervi, numiți rahidieni. Fiecare nerv pornește din măduvă prin două rădăcini, o rădăcină anterioară și una posterioară. Nervii aceștia sînt formați din două feluri de fibre: unele senzitive, aferente, care duc mesajele nervoase spre centru din diferite părți ale suprafeței corpului și altele motoare care duc ordinele nervoase de mișcare spre mușchi și glande. Pe rădăcinile posterioare ale fiecărui nerv se observă cîte o umflătură — ganglionii spinali. Aici își au sediul primele stațiuni de recepționare a mesajelor de la suprafața corpului. Dacă atingem cu mîna un obiect, în terminațiile nervoase din piele iau naștere influxuri nervoase. Acestea pornesc prin fibrele senzitive, care nu sînt altceva decît lungile dendrite ale neuronilor din ganglionii spinali, și pătrund, apoi, prin axonii acelorași neuroni în interiorul măduvei. De aici influxul poate trece, direct, prin legăturile nervoase înnăscute, la neuronii motori din măduvă, în care ia naștere ordinul de mișcare. Omul sau animalul ar răspunde, în acest caz, automat, nepremeditat.

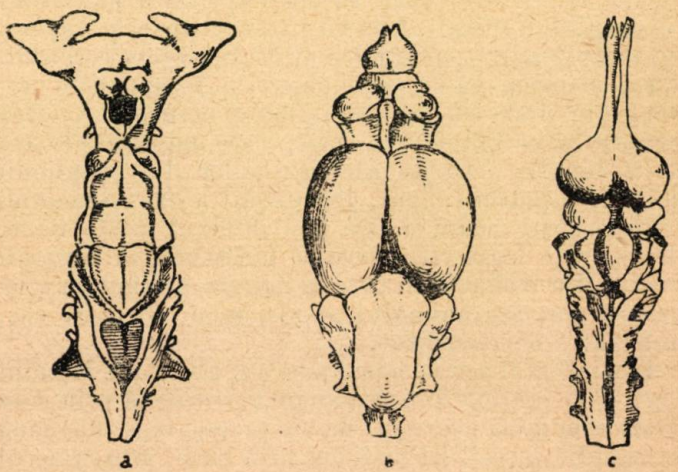
Dar influxul nervos poate apuca și altă cale. Mesajul nervos, renunțînd la calea simplă și directă prin care poate ajunge la neuronul motor vecin, face un lung și complicat ocol. El urcă sus prin bulb, prin creierul intermediar, ca să ajungă la scoarța cerebrală. Și numai apoi sosește de la scoarța cerebrală către organele

în subordine — neuronii motori din măduvă — ordinul de mișcare. La ce folosește acest ocol, vom vedea în curînd.

Bulbul, partea cea mai de jos a encefalului care-l leagă de măduva spinării, are forma unui trunchi de piramidă cu baza mică în jos. Și bulbul, ca și măduva spinării, are două roluri. Pe de o parte, cuprinde și el o serie de centri de cea mai mare importanță pentru viața organismului. Pe de altă parte, este o stațiune de tranzit, prin care urcă și coboară fibre ce leagă măduva de alte regiuni ale creierului.

Pe linia de evoluție a vertebratelor, funcțiunile bulbului rămîn, în linii generale, aceleași. Aici se găsesc centrii respirației, ai activității inimii, centrii în legătură cu digestia etc.

La vertebratele inferioare (la pești, la broaște) bulbul îndeplinește și alte funcții: aici sosesc vești care informează despre mișcările animalului, despre poziția corpului său, despre sunetele care se produc în preajma

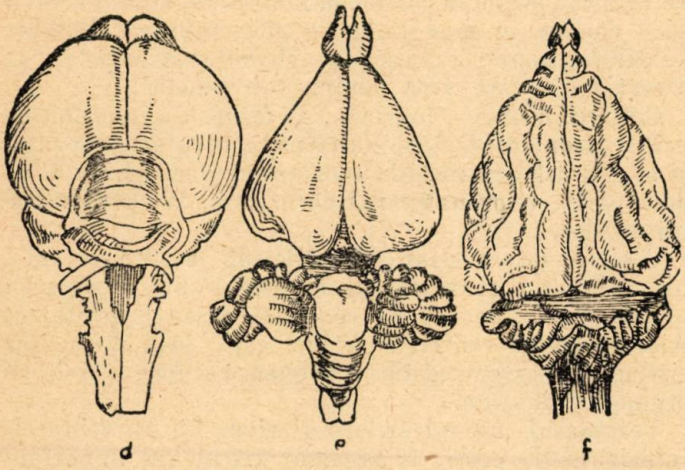


15. Diferite etape în dezvoltarea creerului la vertebrate a — pește cartilaginos (rechinul); b — pește osos (somonul); c — reptilă (crocodil);

sa. Tot la bulb sosesc mesajele de la niște organe de simț foarte interesante, care la vertebratele superioare dispar: organele liniei laterale. Pe laturile corpului, în toată lungimea lui, se găsește cîte un canal situat în regiunea mijlocie, numit linie laterală. În toată lungimea acestui canal se găsesc plăci senzoriale de la care pornesc spre bulb mesaje despre temperatura și salinitatea apei, despre variațiile de presiune și despre curenți. Aceste organe mai există la broaște, dar dispar la reptile.

Un mare loc îl ocupă în bulbul peștilor centrii care primesc veștile gustului — simț chimic atît de important pentru animalele care trăiesc în apă. Acești centri descresc și importanța lor scade mult la vertebratele superioare, mai ales la mamifere, întrucît funcțiunile lor sînt preluate în mare parte de alte etaje superioare ale encefalului.

Rolul creierului mic este în special acela de coordonare a mișcărilor. Creierul mic primește informații, prin



d — pasăre (porumbel); e — mamifer (iepure); f — mamifer (cîine).

mijlocirea măduvii și a bulbului, privitoare la contracțiile mușchilor și la poziția corpului, luînd parte la dozarea, la reglarea ordinelor de mișcare ce pornesc, ca răspuns, înapoi spre mușchi. Creierul mic are o mare importanță, în special la păsări. La acestea este, de altfel, și foarte voluminos — întrucît trebuie să asigure coordonarea precisă a mișcărilor complexe prin care se realizează zborul. La mamifere se dezvoltă o parte nouă a creierului mic (neocerebelul, cea veche fiind paleocerebelul), în legătură cu modificări importante ce se petrec în etajele superioare ale encefalului.

Creierul mijlociu reprezintă și el un releu, o stație de tranzit între etajele inferioare și cele superioare. Afară de aceasta, creierul mijlociu participă și direct, prin centrii săi, la o serie de funcțiuni. Marile funcțiuni ale creierului mijlociu, de-a lungul liniei vertebratelor, sînt în special auzul și văzul. Elaborarea răspunsurilor la diferitele veşti sosite de la ochi și de la urechi se face aici. La mamifere, însă, creierul mijlociu cedează cele mai importante atribuții ale sale, în legătură cu auzul și văzul, regiunilor superioare, nou formate. În creierul mijlociu rămîn, la mamifere, numai centrii care conduc în mod reflex — prin reflexe înnăscute — dilatarea pupilei, rotirea ochilor și a capului, în direcția din care vine lumina sau sunetul.

Creierul mijlociu cuprinde, de asemenea, mecanisme prin a căror activitate se realizează îndreptarea corpului și se dozează contracțiile unor anumiți mușchi —luînd deci parte, împreună cu creierul mic, la coordonarea mișcărilor.

Creierul intermediar cu părțile sale mai importante, hipotalamusul și talamusul, reprezintă un for superior al sistemului nervos de cea mai mare importanță. Aici se găsesc centrii superiori care, prin mijlocirea sistemului nervos vegetativ, veghează asupra activității organelor interne.

Talamusul are un trecut glorios. La vertebratele inferioare (la pești, la broaște) are un rol important în văz. Mai tîrziu, talamusul constituie stațiunea

finală în care sînt preluate mesajele nervoase primite de la organul de auz, de la receptorii tactili, de la cei de temperatură, de durere, devenind senzații.

La mamifere, însă, talamusul va ceda și el (cum s-a întîmplat și cu creierul mijlociu), aceste atribuții forului suprem, nou, care s-a format. Talamusul rămîne o mare stațiune de legătură prin care trebuie să treacă absolut toate veștile sosite din diferitele părți ale corpului și de la diferitele organe de simț, înainte de a ajunge la scoarța creierului mare.

Prin relațiile pe care le întreține, pe de o parte cu activitatea organelor interne, pe de altă parte cu emisferele cerebrale, talamusul joacă un rol esențial în viața noastră emotivă.

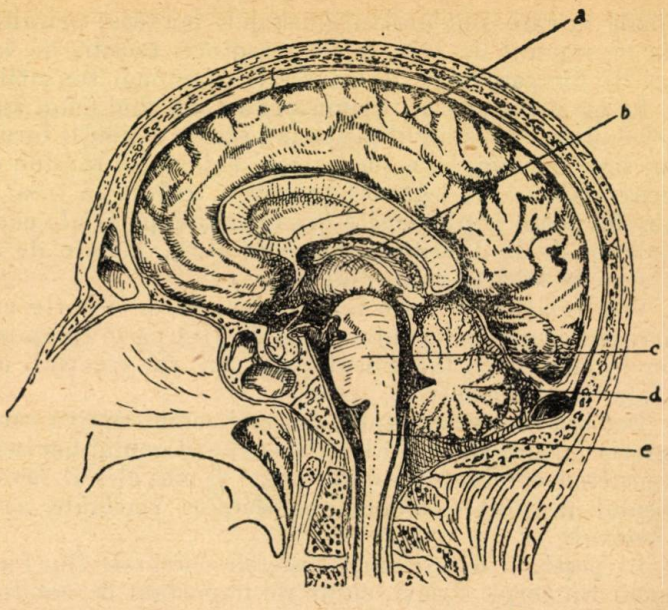
Dar cea mai interesantă, cea mai semnificativă este istoria forului suprem al activității sistemului nervos, emisferele cerebrale (creierul mare) și mai ales al învelișului acestora — scoarța emisferelor cerebrale sau cortexul.

La pești, la batracieni, emisferele cerebrale sînt formate din corpii striați, cu un rol important în conducerea mișcărilor. Emisferele prezintă niște prelungiri — lobii olfactivi, de la care pornesc nervii olfactivi, adică ai mirosului.

De la pești la batracieni nu se remarcă deosebiri importante, Corpii striați sînt mai mari, lobii olfactivi sînt și ei bine dezvoltați.

La reptile, în structura emisferelor apare o nouă formațiune, în afară de corpii striați. Plafonul, bolta acestor emisfere e construită dintr-un țesut nervos adevărat, purtînd numele de mantie sau palium. Celulele acestei mantii cerebrale, așezate în trei straturi, își trimit prelungirile spre șira spinării. Formație mai nouă, cea mai nouă, ea începe să joace un anumit rol în reglarea mișcărilor. Cele două emisfere sînt legate printr-un mănunchi de fibre, purtînd numele de corpul calos.

La reptile, emisferele sînt încă relativ mici în comparație cu restul encefalului care, el însuși, ocupă un loc foarte mic în raport cu întregul corp al animalului.



16. Creierul omului așezat în cutia craniană: a — creierul mare; b — creierul intermediar; c — creierul mijlociu; d — creierul mic; e — bulbul.

La păsări, la care emisferele sînt mai dezvoltate decît la reptile, corpul striat continuă să reprezinte partea cea mai mare. În schimb, lobii olfactivi sînt mai reduși.

La mamifere, însă, raporturile se răstoarnă. Bolta emisferelor cerebrale se mărește, se întinde foarte mult, ajungînd la mamiferele superioare să învăluie, ca o mantie (de unde și numele), aproape tot restul creierului. De astădată e vorba de o pătură de celule cu o organizare extrem de complexă formată, la rîndul ei, din șase straturi de celule nervoase, de forme și tipuri diferite.

Datorită acestei creșteri a mantiei cerebrale, ea începe să se încrețească, mărindu-și astfel suprafața. Numărul acestor încrețituri, numite circumvoluțiuni,

variază de la o specie de mamifere la alta. La șoarece, creierul este încă neted. La carnivore, apar două șanțuri mari numite scizuri (scizura lui Rolando și scizura lui Sylvius) și se schițează și oarecari cute. La primate (la maimuță și la om), scoarța creierului apare foarte încrețită, cu numeroase circumvoluțiuni care delimitează pe creier diferite teritorii. La aceste animale, lobii olfactivi sînt foarte reduși în comparație cu restul.

De la creier pornesc 12 pereche de cabluri — nervii cranieni — care fac legătura cu organele de simț și cu mușchii feței, ai gurii, ai ochilor. Unele dintre aceste cabluri servesc numai la adus știri — nervi senzitivi; altele numai la transportat comenzile de răspuns — nervi motori; altele au funcțiuni combinate — și senzitive și motorii. Prin unele, din miile de fibre care formează aceste cabluri, sosesc neîncetat la creier mesajele de la ochi, de la nas, de la gură, de la urechi, de la pielea feței. Prin alte fibre, pornesc comenzi spre mușchii feței, ai gurii, ai limbii, ai ochilor. În sfîrșit, alte fibre stabilesc legătura dintre creier și o porțiune a sistemului nervos, specializată în reglarea activității organelor interne, sistemul nervos vegetativ. Sistemul nervos vegetativ este, însă, legat pe anumite căi și de măduva spinării.

Ansamblul nervilor — cele 12 perechi de nervi cranieni (ai creierului) și cele 31 perechi de nervi rachidieni (ai măduvei spinării) formează sistemul nervos periferic, spre deosebire de măduvă și creier care cuprind centrii de sosire și plecare a mesajelor nervoase și care poartă denumirea de sistem nervos central.

Aceste denumiri nu trebuie să ne facă să credem vreo clipă că în cadrul sistemului nervos există compartimente distincte, independente. Sistemul nervos funcționează ca un tot, într-o perfectă organizare.

Care este rolul acestei noi formațiuni a creierului — scoarța emisferelor cerebrale — abia schițată la

reptile, dar care la mamiferele superioare ajunge să reprezinte o parte atît de importantă din masa creierului? Care sînt principiile ei de funcționare?

Cîtă vreme relațiile dintre organism și mediu sînt simple, stereotipe, ele se desfășoară prin diferite mecanisme nervoase, de conducere a excitației de la receptor la organele efectoare.

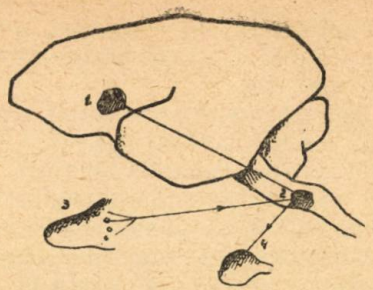
Cînd, însă, importanța acordată schimbărilor externe crește foarte mult și relațiile cu mediul se complică sub forma unei ajustări neîncetate la variațiile mediului, apare nevoia unui adevărat departament al relațiilor externe sau, mai bine zis, un departament al ajustării diferitelor răspunsuri, mișcări, acte la variațiile mediului extern.

Noul organ care și-a asumat această funcție este tocmai scoarța emisferelor cerebrale. Scoarța cerebrală sau cortexul este organul reflexelor condiționate, organul semnalizării, al senzațiilor.

Măduva spinării, bulbul, creierul mic, creierul mijlociu și intermediar cuprind centrii de acte reflexe, mai mult sau mai puțin complexe, prin care se asigură funcționarea complicatei mașini a organismului animal. Respirația, digestia, circulația etc., cu tot jocul lor complicat de procese și mișcări, se realizează prin funcționarea acestor etaje ale sistemului nervos, pe baza unor mecanisme înnăscute. Măduva, bulbul, creierul mic, creierul mijlociu și intermediar cuprind, deci, centrii reflexelor necondiționate, în care excitația sosită de la receptori este dirijată pe căi motoare spre anumite organe de execuție.

Scoarța, în calitate de organ al reflexelor noi, dobîndite, condiționate, are alt principiu de funcționare. Aici nu există căi, legături, prestabilite, înnăscute, prin care anumite influențe provoacă, întotdeauna, aceleași răspunsuri. O excitație, sosită în scoarța cerebrală de la un receptor, poate provoca un răspuns sau altul. Căile, legăturile se formează în scoarța cerebrală a individului în cursul vieții sale, oglindind experiența sa, potrivit condițiilor în care trăiește.

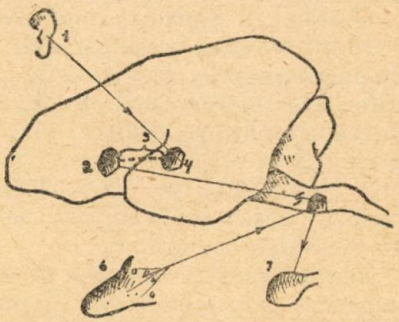
Activitatea nervoasă a scoarței cerebrale prin care se asigură relațiile normale, complexe, variabile ale organismului cu mediul înconjurător este activitatea nervoasă superioară. Activitatea celorlalte etaje, activitate desfășurată prin mecanisme înnăscute și deservind în special organele interne, este activitatea nervoasă inferioară.



17. A. Schema reflexului necondiționat salivar.
1 — proecția corticală a reflexului necondiționat; 2 — centrul secretor din bulb; 3 — limba; 4 — glanda salivară.

Cum se formează, în scoarța cerebrală, noile căi de legătură?

Un cățel a simțit miros de brînză, dar n-a mîncat niciodată brînză. Într-un punct al scoarței cerebrale sosește de la receptorii nasului mesajul respectiv. Dar brînza e de față și ar putea fi încercată. Cățelul o adulmecă și gustă. E bun! În alte puncte al scoarței cerebrale, care comandă secreția salivei, mișcările de mestecare, de înghițire, se desfășoară o activitate febrilă.



B. Schema reflexului condiționat salivar
1. urechea; 2 — proecția corticală a reflexului necondiționat; 3 — legătura temporară; 4 — zona auditivă; 5 — centrul secretor din bulb; 6. limba; 7 — glanda salivară.

O lege a activității sistemului nervos spune că dacă două puncte ale scoarței cerebrale sînt în același timp

în activitate, în excitaţie, punctul sau focarul mai puternic de excitaţie atrage către sine excitaţia dinspre cel mai slab.

Astfel, în timp ce cățelul mănîncă brînza, excitaţia care a adus mesajul mirosului începe să se scurgă spre centrul care comandă hrănirea. Repetîndu-se de cîteva ori această întîmplare, excitaţia îşi croieşte un drum între cele două puncte ale scoarţei cerebrale.

Cînd cățelul va mai simţi altădată mirosul de brînză, excitaţia respectivă, sosită în scoarţa cerebrală, se va îndrepta pe noua cale formată spre centrul alimentar, declanşînd secreţia salivei, căutarea hranei etc., chiar dacă brînza nu e de faţă.

Acesta e mecanismul formării unui reflex condiţionat, mecanismul semnalizării, principiul de activitate al scoarţei cerebrale. Scoarţa cerebrală nu moşteneşte legăturile ei, adică mecanismele ei de punere în legătură a receptorilor cu organele efectoare, ca celelalte etaje ale sistemului nervos. Ea îşi formează aceste legături. Superioritatea mamiferelor stă, în primul rînd, în această minunată scoarţă cerebrală.

Crede, oare, cititorul că scoarţa cerebrală şi celelalte etaje ale sistemului nervos îşi văd fiecare de îndatoririle lor, fără a se amesteca unul în treaba celuilalt? O astfel de separaţie n-ar avea nici un sens.

Rolul scoarţei cerebrale este de a ajusta, în raport cu împrejurările, răspunsurile pe care le dă animalul diferitelor lucruri întîlnite, în vederea satisfacerii nevoilor sale: hrană, apărare, adăpost etc. Cu alte cuvinte, atribuţia ei este, în primul rînd, de a adapta mişcările animalului, pe care, altfel, celelalte etaje le-ar realiza stereotip, uniform, schimbărilor intervenite în mediul înconjurător.

Rostul scoarţei cerebrale nu este, deci, acela de a se substitui celorlalte etaje, ci numai de a interveni în funcţionarea lor.

În bulb, există un centru secretor care comandă secreţia salivei. Cînd un aliment se află în gura animalului, excitînd mucoasa bucală, excitaţia va ajunge,

pe anumite căi nervoase, în centrul secretor din bulb, care, la rîndul său, va comanda glandelor salivare să intre în acţiune.

Dar acest centru secretor nu funcţionează de fapt independent. El trimite informaţii, mesaje nervoase într-un anumit punct din scoarţa cerebrală care-l reprezintă în acest for suprem. La rîndul ei, scoarţa îşi va trimite răspunsul, dar acest răspuns nu va fi un ordin stereotip: secretă saliva! ci o indicaţie anumită: multă salivă, puţină salivă, nu secreta etc., potrivit cu informaţiile-semnale existente şi recepţionate de scoarţă din lumea înconjurătoare.

Nu există maşini care să poată fi întrebuinţate cu folos şi care să nu aibă şi dispozitive de frînare. Cu atît mai mult organismul animal, care are nevoie de o reglare mai fină, mai precisă decît cea mai complicată maşină, n-ar putea funcţiona, dacă n-ar dispune de mijloace de frînare, de oprire sau de atenuare, alături de cele de pornire şi mişcare.

Alături de procesul excitaţiei care este procesul acţiunii, al punerii în mişcare, se manifestă în sistemul nervos şi procesul de inhibiţie, procesul de frînare.

S-a crezut că, dacă într-un punct al sistemului nervos gradul de activitate coboară şi răspunsul respectiv al organismului este reţinut, aceasta s-ar datora doar faptului că gradul de excitaţie este mai scăzut sau chiar anulat. Cercetările, în special cele ale şcolii lui I. P. Pavlov, au dovedit însă existenţa unui proces contrar excitaţiei — inhibiţia. Dacă un răspuns — o mişcare, secreţia unei glande — este reţinut, aceasta nu se întîmplă, pur şi simplu, pentru că excitaţia este absentă din centrul respectiv al sistemului nervos, ci pentru că în acel centru s-a dezvoltat inhibiţia — procesul frînării. Inhibiţia, deci, nu este o lipsă de excitaţie. Ea este un proces activ, opus excitaţiei.

Pentru a ne face mai bine să înţelegem raporturile dintre cele două procese nervoase fundamentale, I. P. Pavlov le-a comparat cu electricitatea pozitivă şi ne-

gativă. Electricitatea negativă nu înseamnă absența electricității pozitive. Ea este un alt fel de electricitate, opus celei pozitive. Prin dispariția electricității pozitive dintr-un corp, corpul poate rămîne neutru din punct de vedere electric. Electricitatea pozitivă și cea negativă se opun, tind să se anihileze reciproc. Prin inducție, un corp încărcat pozitiv poate da naștere electricității negative în altul aflat în apropiere.

Așa se petrec lucrurile și în sistemul nervos. Cele două procese nervoase se ciocnesc, se opun, tind să se anihileze unul pe altul. Dacă excitația s-a născut într-un punct, ea începe să se răspîndească, să se reverse, tinzînd să cuprindă și alte puncte. Dar, automat, ia naștere un val de inhibiție care se opune acestei revărsări de excitație, o încercuiește, o împinge înapoi și o silește să revină la punctul de plecare.

Și invers. Dacă într-un punct a apărut un focar de inhibiție, acesta tinde să cucerească și alte regiuni. Dar excitația, născută automat, o încercuiește și o silește să se concentreze în punctul de plecare.

Fenomenul acesta, constînd în tendința excitației sau a inhibiției de a se revărsa dincolo de marginile locului în care s-au născut și a se restrînge apoi, reprezintă o lege generală a activității sistemului nervos, denumită de Pavlov legea iradierii și concentrării.

Celelalte fenomene de care am pomenit — faptul că excitația sau inhibiția născute într-un punct al sistemului nervos fac să apară nemijlocit și procesul contrar care li se opune — reprezintă, de asemenea o lege generală a activității sistemului nervos: legea inducției reciproce. Cînd prezența excitației determină formarea valului de inhibiție, avem inducția negativă. Cînd inhibiția este procesul inițial și ea determină formarea unei zone de excitație, avem o inducție pozitivă.

Inhibiția este tot așa de importantă ca și excitația și numai prin conlucrarea acestor două procese e posibilă activitatea armonioasă (și adaptată condițiilor externe) a sistemului nervos.

Inhibiția are, în primul rînd, un rol de protecție. Excitația consumă, obosește, epuizează celulele nervoase. Celulele nervoase sînt fragile. De aceea, dacă anumite celule sînt supuse unei încordări prea mari — prin faptul că starea de excitație devine prea intensă sau se prelungește prea mult — în mod automat ia naștere inhibiția în celulele respective care se opune excitației și le apără de distrugere. Sub acțiunea inhibiției, celulele se refac, se restabilesc.

Aceasta este inhibiția supraliminară sau de protecție. Supraliminară, întrucît apare atunci cînd gradul de excitație al celulei respective riscă să treacă dincolo de pragul suportabil.

Adeseori, în preajma unui examen, ne străduim să acumulăm cît mai multe cunoștințe într-un timp cît mai scurt. La un moment dat, însă, simțim că toate eforturile noastre au fost zadarnice: nu mai reținem nimic. În celulele ajunse la limita capacității de lucru, s-a instalat inhibiția care le apără și nici un fel de noi cunoștințe nu se mai reține pentru că, între celulele a căror activitate e blocată de inhibiție, nici un fel de legături, de căi nervoase noi nu se mai pot forma.

Inhibiția prin inducție negativă, de care am pomenit mai sus, și inhibiția de protecție au fost reunite de I. P. Pavlov într-o singură grupă: inhibiție necondiționată.

Aceasta pentru că și apariția inhibiției sub acțiunea excitației (adică inducția negativă) și inhibiția de protecție sînt rezultatul unor proprietăți înnăscute ale sistemului nervos. Fenomenele acestea au loc în mod automat, necondiționat, fără nici o pregătire specială, tot așa cum este declanșat și reflexul înnăscut, necondiționat. Ele pot lua naștere în orice etaj al sistemului nervos.

Pentru ca scoarța cerebrală să fie în stare să-și îndeplinească funcția ei de adaptare superioară a organismului la condițiile mediului, capacitatea de formare

a unor legături nervoase noi, a reflexelor condiționate, n-ar fi suficientă.

Cîinele a învățat să caute apa de băut într-un anumit vas, de pildă într-o cutie de conserve. Oriunde s-ar afla cutia de conserve, cîinele se îndreaptă spre ea cînd îi este sete. Forma și culoarea cutiei sînt semnale, sînt excitanți condiționați ai satisfacerii setii, vestesc prezența apei. Datorită acestui reflex condiționat, cîinele își va putea procura apa mai ușor (căutînd-o activ și neașteptînd să-i pice în gură).

Să presupunem, însă, că această cutie, cu vremea, a ruginit și în cele din urmă s-a găurit. Ea nu mai poate folosi pentru a păstra apa și stăpînul a început să folosească în locul ei un castronaș.

Reflexul condiționat însă există, legătura nervoasă din creier există. Cînd cîinelui îi este sete, forma și culoarea cutiei de conserve declanșează reacțiile respective de apropiere, de introducere a botului, încercarea de a bea.

Se înțelege că funcția singură de formare a legăturii nervoase, sau cum îi spune Pavlov, de închidere a circuitului nervos, n-ar putea, numai ea, să asigure adaptarea animalului la condițiile mediului. E vorba doar de adaptarea la condițiile variabile ale mediului, de condiții care nu apar numai, ci și dispar.

Acestei capacități de închidere a circuitului trebuie să i se poată opune o alta, de deschidere a circuitului, de întrerupere a circuitului, de întrerupere a legăturii, de stingere a reflexului condiționat, atunci cînd condițiile, care l-au făcut să apară, au dispărut.

Ori, inhibiția este aceea care îndeplinește funcția aceasta de blocare a căilor nervoase, de frînare a reflexelor condiționate dovedite necorespunzătoare.

Excitantul (cutia, cu forma și culoarea ei) se transformă, dintr-un semnal al unei acțiuni, într-un semnal al unei rețineri. În scoarța cerebrală a animalului, mesajul nervos sosit de la organul de văz va face să se nască o inhibiție — inhibiție de stingere, cum a fost denumită, după rolul ei, de I. P. Pavlov.

Dar repertoriul inhibiției este și mai variat. Dacă, de pildă, în curte ar fi ajuns și o altă cutie de conserve, asemănătoare primei, dar fără apă, cîinele ar fi căutat probabil și în ea, o dată, de două ori, de trei ori, dar, negăsind nimic, ar fi renunțat. Și în acest caz e vorba de frînarea unei reacții manifestate inițial, de inhibarea unui răspuns. Pavlov a numit acest gen de inhibiție, inhibiție de diferențiere, tot datorită rolului ei.

În sfîrșit, se poate întîmpla, în anumite cazuri, ca semnalul să nu fie însoțit imediat de întărire, de excitantul necondiționat. Un experimentator, folosind ca semnal sunetul unei sonerii, i-a dat cîinelui, cu care făcea experiențe, să mănînce numai după două-trei minute de funcționare a soneriei. Repetînd experiența de mai multe ori în felul acesta, a constatat după un număr de experiențe, că răspunsul animalului nu mai apare imediat ce începe să sune soneria, ci după trecerea celor trei minute. Și în acest caz a intervenit inhibiția, datorită căreia răspunsul animalului a fost amînat, în concordanță cu noile condiții. Aceasta este inhibiția de întîrziere.

I. P. Pavlov a reunit aceste trei feluri de inhibiție — de stingere, de diferențiere și de întîrziere — într-o categorie unică — inhibiția condiționată.

Motivul? În aceste cazuri nu mai e vorba de răspunsuri automate, înnăscute ale sistemului nervos. Cutia de conserve poate face să se nască o excitație, un răspund pozitiv din partea animalului (apropiere, secreție salivară) sau, dimpotrivă, o inhibiție, o frînare, după cum vederea cutiei a fost urmată de hrană, sau n-a fost urmată de nimic. Inhibiția nu apare în mod automat în prezența cutiei. Cutia poate lăsa animalul indiferent. Dar dacă în cutie s-a găsit cîndva apă și ulterior nu s-a mai găsit, atunci cutia nu mai este indiferentă. Ea acționează asupra animalului, provoacă un răspuns, care nu constă într-o mișcare, ci într-un act de reținere. La fel și în cazul în care cutia seamănă doar cu alta care conține de obicei mîn-

care sau apă. Şi în acest caz animalul nu rămîne indiferent. El schiţează un răspuns care va deveni apoi o reţinere.

Şi cutia nu e sortită să rămînă pentru totdeauna un excitant inhibitor (excitant care provoacă inhibiţia). Ea poate deveni excitant pozitiv, dacă de la un moment dat animalul va începe să găsească în ea hrană.

Datorită acestor caracteristici — faptul că depind de anumite condiţii, că sînt vremelnice — inhibiţiile de stingere, de diferenţiere şi de întîrziere sînt inhibiţii condiţionate.

Numai excitaţia împreună cu inhibiţia, ciocnindu-se, luptînd dar în fond conlucrînd, pot asigura adaptarea animalului la condiţiile schimbătoare ale mediului, prin formarea legăturilor nervoase corespunzătoare sau prin frînarea acelora care nu mai corespund.

Inhibiţia condiţionată, spre deosebire de cea necondiţionată, reprezintă o formă de activitate de care e capabilă doar scoarţa cerebrală, nu şi celelalte etaje ale sistemului nervos, pentru că în realitate inhibiţia condiţionată nu este decît un complement al celuilalt aspect al activităţii scoarţei cerebrale: formarea de legături nervoase noi, temporare. Scoarţa cerebrală, prin jocul complicat al excitaţiei şi inhibiţiei, realizează această dublă activitate: de sinteză (formarea legăturilor temporare) şi analiză (blocarea legăturilor necorespunzătoare) asigurînd, printr-o semnalizare variabilă, relaţiile normale dintre organism şi mediu.

Procesul inhibiţiei nu apare numai în sistemul nervos al vertebratelor. Cercetările au dovedit că chiar şi în sistemul nervos al viermilor sau al insectelor se manifestă forme de inhibiţie.

Perfecţionarea activităţii sistemului nervos de-a lungul evoluţiei filogenetice a însemnat însă şi o perfecţionare a inhibiţiei. Cu cît se află un animal mai sus pe scara evoluţiei, cu atît dispune de o capacitate de frînare mai puternică, mai promptă şi în acelaşi timp mai fină, mai precisă în manifestările ei.

Scoarța cerebrală a mamiferelor, organ specializat al reflexelor condiționate, își datorește superioritatea și rapidității, siguranței, preciziei cu care realizează activitatea de modulare sau de frînare a răspunsurilor, cu ajutorul inhibiției condiționate.

Prin întreaga sa activitate complicată, scoarța emisferelor cerebrale — noul etaj al sistemului nervos, apărut în cursul evoluției — realizează această funcțiune fundamentală, semnalizarea pentru organism cu ajutorul unei game cît mai largi de excitanți variați, în mod cît mai precis și mai prompt, a prezenței diferitelor fenomene interesînd nemijlocit viața sa.

Datorită inhibiției condiționate care, în scoarța cerebrală a mamiferelor, are calități superioare de finețe, de precizie, această semnalizare este mai exactă și mai fină. Cînd privesc două puncte luminoase apropiate, în două puncte ale scoarței se vor forma focare de excitație. Dar excitația încearcă să se întindă, să iradieze. Cele două puncte de excitație, mărindu-și teritoriul, s-ar apropia pînă la contopire și am avea numai o singură suprafață excitată de cele două puncte luminoase pe care le privesc.

Inhibiția este cea care, intervenind, se strecoară între cele două puncte de excitație, le încercuiește și nu permite contopirea lor. Astfel, voi vedea cele două puncte din afara mea separat, așa cum sînt chiar în realitate, pentru că și în scoarța cerebrală mesajele lor sînt înregistrate separat.

Cele spuse despre două puncte sînt valabile și pentru sute sau mii de puncte. Eu deosebesc cu privirea o suprafață poroasă de una netedă, o hîrtie semi-velină de una velină, tocmai datorită acestei deosebite finețe și preciziei cu care creierul înregistrează, fără să le confunde, mesajele nervoase. Această precizie este rezultatul jocului extrem de nuanțat al excitației și inhibiției care se întrepătrund, disputîndu-și punct cu punct vastul și complicatul teritoriu al scoarței cerebrale și realizînd o extraordinar de delicată dantelă de puncte în acțiune și puncte în repaus.

Acestei corelații punctiforme, variate, dintre excitație și inhibiție pe vastul teritoriu al cortexului, I. P. Pavlov i-a dat denumirea de „mozaic cortical".

Emisferele cerebrale, fiind organul reflexelor condiționate, vor fi, în același timp, și tocmai de aceea, organul senzațiilor, al reflectării subiective.

În scoarța cerebrală se organizează, se specializează teritorii, „direcții generale" pentru fiecare categorie de semnale, pentru fiecare categorie de senzații. Cu cît ne aflăm mai sus pe scara mamiferelor, cu atît sînt mai clare hotarele acestor teritorii.

Scoarța cerebrală a omului este împărțită de cele două mari șanțuri, scizura lui Rolando și scizura lui Sylvius, într-o serie de lobi. Lobul frontal, în fața scizurii lui Rolando, spre frunte; lobul parietal, înapoia scizurii lui Rolando; lobul occipital, dincolo de lobul parietal, înapoi, spre spate; lobul temporal, sub scizura lui Sylvius, spre tîmple. Lobii aceștia trebuie socotiți perechi, dat fiind că sînt două emisfere cerebrale.

În lobul parietal, pe o fîșie, care merge de-a lungul scizurii lui Rolando, sosesc mesajele aduse de la suprafața corpului. Prin funcționarea acestei părți, deci, omul simte atingerile, căldura sau frigul, durerea.

În lobul temporal se află zona auditivă. Aici sosesc, prin anumite căi, valurile de excitații de la urechi, și omul aude sunetele ce se produc în jurul său.

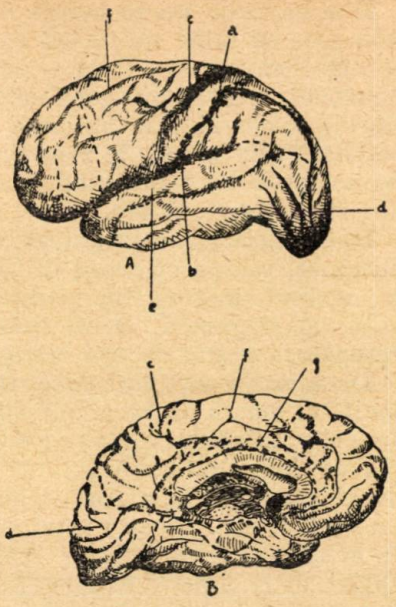
În lobul occipital există o regiune în care se proiectează exact fiecare punct al membranei sensibile a ochiului — retina. Acolo este laboratorul senzațiilor vizuale. Și așa mai departe.

Scoarța cerebrală primește, prin organele de simț, informații despre ce se întîmplă în jurul nostru. Datorită funcționării ei, vedem, auzim, simțim gustul, mirosul etc.

Scoarța cerebrală primește, însă, informații și despre cele ce se petrec în interiorul organismului, de la organele interne. Numai pe baza acestor informații poate

scoarța cerebrală să supravegheze funcționarea generală a organelor interne.

Dar, de cele mai multe ori, aceste relații între scoarță și organele interne se desfășoară fără ca în circuitul mesajelor nervoase să apară senzații. Noi nu simțim, în condiții obișnuite, funcționarea inimii, a stomacului, a rinichilor, cu toate că, așa cum au dovedit cercetările savantului sovietic Bîcov, la scoarță sosesc mesaje despre aceste fenomene și scoarța le controlează funcționarea. Numai cînd apar anumite tulburări e posibil ca mesajele nervoase anormale să ajungă destul de puternice, încît să aibă un răsunet subiectiv. Simțim uneori dureri, junghiuri, presiuni în regiunea inimii, a stomacului, a ficatului.



18. Scoarța emisferelor cerebrale și zonele ei principale: A — fața externă a emisferei cerebrale stîngi; B — fața internă a emisferei cerebrale stîngi; a — scizura lui Rolando; b — scizura lui Sylvius; c — zona sensibilității tactile și termice; d — zona sensibilității vizuale; e — zona sensibilității auditive; f — zona motorie; g — zona sensibilității olfactive.

Scoarța cerebrală este totodată și organul de elaborare a hotărîrilor, organul care comandă răspunsurile cele mai potrivite în anumite împrejurări.

Am văzut că, datorită legăturilor cu măduva spinării, o serie întreagă de mișcări, de răspunsuri ar putea fi declanșate brusc, rapid, automat, prin trecerea excitației de la neuronii senzitivi la cei motori ai măduvei.

Dar lucrurile nu se petrec în mod obişnuit astfel. Atingînd cu mîna un obiect oarecare — de pildă, un obiect fierbinte sau tăios — excitaţia care soseşte în neuronul senzitiv din ganglionul spinal urcă sus prin fibrele măduvei, ale bulbului etc., pînă la scoarţa cerebrală. Ea soseşte în zona dinapoia scizurii lui Rolando, unde se transformă în senzaţie — senzaţie de arsură, de tăietură etc.

Dacă excitaţia este puternică, omul retrage mîna automat, pentru că valul de excitaţie se duce direct la neuronii motori din măduva spinării, declanşînd automat răspunsul. Omul însă a simţit arsura sau înţepătura şi ştie de ce a retras mîna.

Dacă excitarea e mai slabă, răspunsul nu vine nemijlocit, ci numai pe baza indicaţiei venite de la forul superior: „Retrage!“ sau: „ţine mîna mai departe!“

Dar chiar cînd excitaţia este foarte puternică, dacă omul este pregătit, avizat dinainte, răspunsul automat poate fi frînat. Scoarţa cerebrală poate opri mişcarea în momentul în care soseşte excitaţia, luînd forma senzaţiei, de la organul în subordine. Poţi ţine mîna prin încordarea voinţei pe un obiect foarte fierbinte, poţi lăsa să fii înţepat fără să tresari, fără să crîcneşti. Scoarţa cerebrală poate nu numai ordona acţiunile cerute de anumite împrejurări. Ea poate şi frîna răspunsurile organelor în subordine, dacă împrejurările cer acest lucru.

OBIECTELE ÎŞI DEZVĂLUIE EXISTENŢA

Recepţionînd mesajele nervoase sosite de la organele de simţ, scoarţa cerebrală le distinge, le identifică, înainte de a le dirija către o cale de acţiune. Acesta este momentul senzaţiei. Cu cît vor fi mai multe cir-

cuite reflexe (recepție-reacție) silite să treacă prin scoarța cerebrală, cu atît vor fi mai multe și mai variate proprietățile lumii externe care vor fi înregistrate subiectiv și cu atît vor fi mai largi posibilitățile de orientare pe bază de semnale de care va dispune organismul.

Dar lumea e populată de proprietăți, de însușiri separate? Lumea e o panoramă de tonuri, lumini, culori, gusturi, mirosuri, plutind ca niște fantasme?

Oare, pentru cîinele care a învățat să-și găsească mîncarea în cutia de conserve, totul se reduce la o simplă pată albă, lucioasă, culoarea metalului? Înlocuind cutia cu o bucată de tablă, cîinele ar reacționa la fel? Dacă, însă, s-ar așeza tot o cutie alături de prima, avînd exact aceeași formă cu ea, dar de altă culoare, cîinele nu le-ar mai deosebi?

Cutia nu există nici numai ca formă, nici numai ca o pată de o anumită culoare. Cutia reunește de fapt aceste proprietăți. Dar pe cutie ar putea fi aplicată o banderolă în mai multe culori. Atunci cutia ar reuni, într-un grup unic de însușiri cu o orînduire stabilă, o serie de mai multe culori și forma respectivă.

Cînd o rază de lumină, asociată cu mîncarea, devine un semnal pentru un vierme este indiferent dacă raza de lumină pornește de la o lumînare, sau de la o lanternă, de la un chibrit aprins sau de la un cărbune incandescent. Efectul este același.

Dar acesta este încă un stadiu inferior al semnalizării. În lume nu există însușiri, ci *obiecte*. Aceeași însușire poate aparține mai multor obiecte diferite. Culoarea roșie o putem găsi și la o felie de pepene și la o pătlăgea și la o bucată de carne proaspătă. Rotundă e și cireașa, e și o mărgea de sticlă, rotund e și un bob de strugure și rotundă poate fi și o minge. Nici numai culoarea, nici numai forma, nici numai mărimea nu pot fi, separat, indicii sigure, semnale sigure.

Numai mănunchiul de proprietăți, reunite în mod stabil în același obiect, poate garanta că obiectul e același.

Evoluția sistemului nervos a făcut să apară și să se perfecționeze, treptat, un nou mod de funcționare a semnalizării. Semnalizarea nu printr-o însușire separată, ci prin grupe de însușiri, nu prin excitanți simpli, separați, ci prin excitanți complecși.

De la viermi la insecte — linia Artropodelor — dezvoltarea nu a mers în sensul dezvoltării acestei capacități de sinteză, de semnalizare prin excitanți complecși, adică prin combinații de excitanți.

În mare măsură, nu numai la viermi, dar și la păianjeni și chiar la insecte, reacțiile sînt determinate de însușiri simple, separate, ale lucrurilor. Lumea acestor animale nu este, probabil, o lume de obiecte, așa cum este lumea percepută de noi: copaci, case, pietre, ci o lume de mirezme, străluciri, culori, atingeri etc.

Un cercetător a apropiat de un păianjen, care pîndea în mijlocul plasei sale, o muscă prinsă într-o pensetă. Păianjenul a luat-o la fugă, parcă înspăimîntat și s-a ascuns în gaura lui.

Cercetătorul a fost foarte mirat de această întîmplare. Păianjenul așteaptă ceasuri întregi să-i pice în cursă o muscă și acum, cînd îi era oferită cu toată bunăvoința, păianjenul refuza să se apropie, ba chiar se și speriase de obișnuita lui victimă.

Cercetătorul a schimbat atunci procedeul. El a apropiat un diapazon care vibra, de un punct oarecare al plasei. Punctul respectiv a devenit un centru de vibrație și păianjenul, de astă dată parcă sigur de el, a sosit în grabă la locul cu pricina.

Aceasta înseamnă că informația pe care o primește păianjenul despre prezența muștei este mai simplă decît credem noi, decît ne apare nouă. Musca există pentru noi cu înfățișarea ei caracteristică, cu forma și culoarea ei, cu zborul, cu bîzîitul ei.

Pentru păianjen există, în primul rînd, vibrația transmisă prin mijlocirea plasei. Cînd această informație e deformată (musca bîzîie și se zbate dar în afara plasei, ținută de pensetă), răspunsul este negativ.

Pentru noi e tot o muscă. Pentru păianjen e altceva, pentru că n-a contat complexul de însuşiri, ci un singur fapt izolat: vibraţia.

Fluturele Ochi-de-păun, din familia Saturnidelor, se numeşte astfel din cauza desenului în formă de ochi pe care-l are pe aripi.

Un cercetător a remarcat că, păstrînd timp de cîteva ore femela unui astfel de fluture, se vor îndrepta spre locul respectiv sute de fluturi.

El a avut curiozitatea să aşeze femela sub un clopot de sticlă. Succesul ei a dispărut complet. Nici un fluture nu s-a mai apropiat, deşi putea fi foarte bine văzută.

În schimb, fluturii s-au îndreptat spre locul unde femela fusese mai înainte. Ce anume atrăgea de fapt fluturii masculi? Înfăţişarea ca atare a fluturelui femelă (culoarea, forma) n-avea nici o influenţă. O singură însuşire conta: mirosul.

Locul unde fluturele stătuse întîi se impregnase cu mirosul său caracteristic şi acesta era elementul care exercita atracţia asupra partenerilor de sex opus.

Aşezată sub clopotul de sticlă, femela nu mai exista pentru partenerii ei, pentru că nu mai exista pentru ei unicul fapt care conta: mirosul.

Lumea vertebratelor superioare, şi mai ales a mamiferelor, este, însă, o lume de obiecte.

Comportamentul plastic, schimbător al vertebratelor superioare adaptat condiţiilor concrete întîlnite la fiecare pas, n-ar fi posibil numai pe baza unor semnale simple, izolate. O astfel de semnalizare ar deveni repede nesigură, înşelătoare, cînd cîmpul ei s-ar extinde cît de cît, şi un număr mai mare de semnale ar începe să fie luate în consideraţie.

Numai complexul de însuşiri particularizează obiectul şi permite identificarea lui sigură.

Dezvoltarea sistemului nervos al vertebratelor, şi în special al mamiferelor, a mers în sensul perfecţionării acestei capacităţi de sinteză, de semnalizare prin complexe de însuşiri.

O lume de obiecte întrunind forme, culori, dimensiuni, rezistențe, sonorități, în unități stabile, se dezvăluie simțurilor acestor animale superioare.

Nu mai e vorba de o culoare, un miros, un sunet, ci de un obiect purtînd îmbinate o varietate de astfel de însușiri.

Un coleg, psiholog, mi-a povestit următoarea întîmplare.

„L-am adus odată pe Țumpi, cățelul meu, la laboratorul de psihologie, cu gîndul să fac cu el o serie de experiențe. Aveam seminar cu studenții și l-am lăsat pe Țumpi să inspecteze încăperile.

Cățelul, puțin agitat, se învîrtea încoace și încolo căutînd, fornăind, adulmecînd. Cineva a deschis ușa seminarului și Țumpi s-a vîrît înăuntru. Noi, studenții și cu mine, eram așezați în jurul unei mese mari. Țumpi începu să se învîrtească printre picioarele noastre, mirosind. Trecea de la o persoană la alta, se oprea cîteva clipe, trecea apoi mai departe. Cînd a ajuns la mine, s-a oprit, a început să dea din coadă și mi-a sărit în brațe.

Un student îmi propuse atunci următoarea experiență: să-mi schimb încălțămintea cu cineva. Am acceptat ideea. Dar mi-am schimbat cu persoana respectivă nu numai încălțămintea, ci și hainele.

Cățelul, care fusese scos în prealabil din încăperea respectivă, a revenit și și-a reluat operația. Cînd a ajuns în dreptul studentului care purta hainele mele, s-a oprit, a început să se gudure și i-a sărit în brațe.

În clipa aceea, însă, s-a petrecut o schimbare. Cîinele a sărit jos, a început să umble din nou agitat prin cameră, dar nu mai mirosea picioarele, ci privea în sus. Cînd m-a zărit, s-a înveselit și a venit la mine".

Pentru Țumpi persoana stăpînului său nu se reduce la mirosul său, cu toate că la cîini simțul mirosului joacă un rol principal în orientarea în mediul extern. Mirosul rămîne numai un indiciu — de obicei foarte

sigur — dar care este subordonat unui ansamblu de însușiri. Ansamblul de însușiri este cel care își spune ultimul cuvînt în orientarea animalului.

În scoarța cerebrală a vertebratelor superioare, și mai ales a mamiferelor, excitațiile, mesajele sosite de la organele de simț, nu sînt doar interceptate și descifrate înainte de a fi puse în legătură cu anumite acțiuni.

Aceste mesaje sînt puse în legătură, sînt asociate și între ele printr-o rețea neînchipuit de complicată de legături temporare. Astfel, scoarța cerebrală nu reconstituie numai imagini fragmentare, izolate, ale diverselor solii care-i parvin, ci imagini complexe, integrale, ale izvoarelor acestor solii — obiectele lumii externe.

În cazul acesta nu mai avem de-a face cu simple senzații, ci cu percepții, reflectări integrale ale obiectelor și fenomenelor.

Iată o nouă formă de sinteză, superioară, datorită căreia scoarța cerebrală a acestor animale realizează o semnalizare mai sigură, o reflectare subiectivă mai completă a obiectelor și fenomenelor realității. Fenomenul acesta, al semnalizării prin excitanți complecși, a fost profund studiat de școala lui Pavlov, ceea ce a permis o înțelegere temeinică a procesului de oglindire sub formă de percepții.

Iată un exemplu:

Un experimentator, dînd cîinelui de mîncare, face să se audă întîi un grup de cîteva sunete, de pildă: do, re, mi, fa. Această combinație este repetată de mai multe ori. Încercînd, la un moment dat, separat unul din sunete — oricare din acest grup — experimentatorul constată că acesta a căpătat proprietatea „de a face cîinelui poftă de mîncare", adică de a provoca secreția salivară. Cu alte cuvinte, fiecare din aceste sunete s-a transformat pe cont propriu într-un semnal al hrănirii. Dacă, însă, experiența se repetă de multe ori — sunetele fiind prezentate numai în grup înainte de a se da mîncarea (uneori dîndu-se și sunete

separate, dar neînsoțite de mîncare) — se petrece următorul fenomen: sunetele din grupul respectiv se leagă între ele, se întovărășesc și numai așa întovărășite izbutesc să declanșeze secreția și căutarea hranei.

Iată, deci, ce fapt interesant: avem patru excitanți (sunetele do, re, mi, fa), care fiecare în parte nu sînt în stare să provoace nicio reacție (sau provoacă reacții foarte reduse). Grupate, însă, ele determină o reacție anumită. Dacă în loc de do, re, mi, fa, se dă: fa, mi, do, re, iar această combinație nu este însoțită de hrană, atunci grupul fa, mi, do, re nu va mai declanșa reacția de hrănire pe care grupul cu ordinea de la început (do, re, mi, fa) va continua s-o declanșeze.

Avem așa dar un nou aspect al acestui fenomen: chiar grupul întreg de excitanți nu mai provoacă reflexul condiționat, dacă se schimbă ordinea excitanților.

Efectul grupului de excitanți nu este egal cu suma efectelor componentelor. Ceea ce contează ca semnal, ca vestitor al hrănirii (sau al oricărui fapt important pentru organism) nu mai este, la această categorie de excitanți, simpla acțiune ca atare a excitanților, valoarea absolută a fiecărui excitant. Semnalizarea este îndeplinită numai de grupul de excitanți și în primul rînd de o anumită ordine, de o anumită legătură între excitanții care intră în acest grup.

Faptul că ordinea, că relația dintre excitanți dobîndește aici rolul principal, se poate constata și din următoarele: dacă aceleași sunete sînt date cu o intensitate schimbată, efectul nu se schimbă. Dacă aceleași sunete sînt cîntate în game diferite, se poate de asemenea întîmpla ca efectul să rămînă același.

Ceea ce caracterizează, deci, un astfel de excitant complex, este tocmai faptul că valoarea de semnal nu mai aparține excitanților izolați. Ea este preluată de combinații de excitanți; aceiași excitanți pot aparține unor combinații diferite (cu valori diferite) și ace-

leaşi combinaţii (cu aceeaşi valoare semnalizatoare) pot fi formate din excitanţi diferiţi.

Numele cîinelui, numele la care el răspunde, constituie un excitant complex sonor, căci e constituit dintr-un grup de sunete. Azor e format din sunetele a, z, o, r. Aceleaşi sunete, în altă combinaţie, dau alt efect, de ex. Roza sau Orza.

Melodia pe care noi o ascultăm şi o recunoaştem este un excitant complex. Aceleaşi sunete în altă ordine, dau altă melodie.

Cercetările şcolii lui Pavlov au dovedit că, în cadrul fiecărui analizator, în porţiunea sa corespunzătoare din scoarţa cerebrală, se află o anumită regiune capabilă de acest gen de sinteză superioară.

Regiunea aceasta a fost denumită nucleu. Aici, în nucleu se formează proiecţia cea mai exactă, cea mai fină, a mesajelor sosite de la organul de simţ. În jurul nucleului, pe un teritoriu destul de întins, se găsesc răspîndite celulele aceluiaşi analizator. Aceasta este periferia porţiunii corticale a analizatorului.

Între analizatori nu sînt hotare nete. Periferiile se întrepătrund şi celulele unui analizator se găsesc aici amestecate cu celulele analizatorului vecin.

Dacă se extirpă nucleul, ceea ce dispare, după cum au dovedit cercetările şcolii lui Pavlov, este capacitatea animalului de a forma reflexe condiţionate la excitanţi complecşi — pentru analizatorul respectiv (ca şi reflexele la excitanţi complecşi formate înainte).

La un cîine fuseseră formate reflexe condiţionate la grupe de sunete, aşa cum s-a descris mai sus. Grupul do, re, mi, fa devenise un excitant condiţionat pozitiv, iar grupul fa, mi, do, re — format din aceleaşi sunete, însă aşezate în altă ordine — devenise excitant condiţionat inhibitor. Animalul învăţase, deci, să distingă cele două grupe de sunete — cei doi excitanţi complecşi.

S-a extirpat scoarţa cerebrală a cîinelui în regiunea lobilor temporali, acolo unde se află nucleul porţiunii

corticale a analizatorului auditiv. Reflexele condiţionate la excitanţii complecşi au dispărut. Animalul nu mai distingea grupele de sunete, nici n-a mai putut fi învăţat să le distingă. În schimb, animalul continua să se poată orienta pe baza sunetelor simple. Reflexe condiţionate la sunete izolate s-au putut forma.

Un fenomen asemănător se petrece şi în cazul analizatorului vizual, în urma extirpării nucleului său. Iată descrierea făcută de Pavlov însuşi:

„Analizatorul optic la aceşti cîini' nu deosebea nici oamenii, nici celelalte animale, nici hrana. Noi azvîrleam ici, colo, bucăţi de hrană pe jos sau le atîrnam de fire la diverse înălţimi. Nici unul din cîinii lipsiţi de lobii occipitali nu-şi îndrepta vreodată mişcările sale în direcţia lor, în baza excitaţiilor vizuale, oricît de flămînzi ar fi fost..."

Ceea ce pierduseră aceşti cîini, prin extirparea nucleului porţiunii corticale a analizatorului vizual, era capacitatea de analiză şi sinteză superioară a excitanţilor complecşi vizuali. Obiectele caracterizate *în acelaşi timp* prin formă, culoare, dimensiune, nu mai erau percepute ca imagini unitare, integrale şi, de aceea, nu erau recunoscute (adică vechile reflexe condiţionate la aceşti excitanţi complecşi nu mai erau declanşate).

În schimb, aceiaşi cîini deosebeau uşor lumina de întuneric, deosebeau chiar nuanţe diferite de luminozitate. „Datorită acestui fapt, povesteşte mai departe Pavlov, cîinele putea să ocolească obiectele umbrite într-un spaţiu luminat şi să iasă prin uşa deschisă, care constituia un loc luminos".

Cîinii nu pierduseră, deci, cu totul capacitatea de a se orienta pe baza semnalelor luminoase. Dar, extirpîndu-se regiunea în care se realiza analiza şi sinteza superioară a analizatorului respectiv, dispăruse capacitatea animalelor de a oglindi realitatea sub formă de percepţii şi ele recăzuseră într-un stadiu inferior, al reflectării elementare prin senzaţii.

Creierul uman! Ce neînchipuit de complicată mașină!

Șasesprezece miliarde de celule cuprinde scoarța emisferelor cerebrale. Șasesprezece miliarde de celule concentrate într-un singur organ. Cineva făcea socoteala că unui casier, numărînd cîte 12 ore pe zi 100 de bancnote pe minut, i-ar trebui vreo 38 de ani ca să numere un miliard de bancnote. Ca să numere toți neuronii unui singur creier uman, nu i-ar ajunge șapte vieți.

Dar acești neuroni nu rămîn izolați. Toată puterea lor stă în enorma lor capacitate de combinare. Și nu e vorba de combinații în care intră cîte doi, trei neuroni. Cea mai simplă percepție, cea mai simplă mișcare angajează mii, zeci de mii, milioane de neuroni.

Cîte combinații sînt posibile cu cele 16 miliarde de neuroni? Dacă s-ar combina numai cîte doi neuroni, numărul obținut ar fi de ordinul miliardelor de miliarde. Ajungem la cifre care depășesc puterea noastră de înțelegere.

Va ajunge vreodată creierul uman să înțeleagă pe de-a întregul nemaipomenit de complicata sa funcționare?

În situația actuală a științei și, mai ales, datorită minunatelor cercetări ale școlii lui I. P. Pavlov multe din tainele creierului au fost dezvăluite.

Creierul omului a reprezentat un salt extraordinar față de creierul celorlalte animale. Faptul fundamental care s-a petrecut, schimbînd radical relațiile dintre om și mediul înconjurător, a fost apariția vieții sociale și a muncii.

Spre deosebire de toate celelalte animale, omul trăiește în societate.

Găsim multe specii de animale care trăiesc în grupuri mai mari sau mai mici. Furnicile, albinele, termitele au o organizare de grup destul de complexă și aceste animale nu pot trăi izolat, scoase afară din grupul lor. Și la vertebrate găsim grupări — de altfel mai puțin statornice, mai puțin rigide ca la insecte. Peștii se grupează în timpul migrațiilor de reproducere, risipindu-se apoi. Păsările se adună în stoluri imense pentru călătoriile lor. Elefanții, maimuțele formează grupări destul de stabile, în care trăiesc familii, de asemenea stabile.

Dar nicăieri nu găsim societăți în sensul deplin al cuvîntului, așa cum găsim la om. Resortul principal, care asociază animalele unei specii anumite într-un grup, este instinctul. Datorită tendințelor înnăscute, animalele acestea se grupează în perioadele de reproducere, de migrație, sau pentru a ataca. La insecte, grupările sînt permanente, dar fiecare membru al unei astfel de gurpări nu știe mai mult despre organizarea la care participă, decît știe rotița unui ceasornic despre mecanismul complex în care este angrenată. Rotițele, arcurile execută exact mișcările și, din combinarea tuturor acestor mișcări, rezultă funcționarea întregii mașinării. Dar toate, în baza unei reglări prealabile a rolului fiecărei piese. Într-o grupare de insecte se poate constata o strictă diviziune a atribuțiilor. Unele hrănesc tinerele larve, altele pe cele vîrstnice, unele aerisesc încăperile, altele pleacă după hrană. Dar aceasta nu este o colaborare prin diviziunea sarcinilor în sensul deplin al cuvîntului. Fiecare insectă nu face, la fiecare vîrstă, decît ceea ce-i dictează instinctul. La o anumită vîrstă hrănește larvele, la altă vîrstă pleacă după provizii etc. Aceste acțiuni se alătură, cum se alătură piesele unui ceas în funcționarea lor, și prin aceasta se formează viața complexă a stupului sau a furnicarului.

Numai la om există colaborare, organizare colectivă a activității. Numai la om există participarea voită a fiecărui membru la activitatea grupului, prin înțe-

legerea rolului care-i revine. Pentru că numai la om există comunicare în sensul deplin al cuvîntului, comunicare prin limbaj.

Comunicînd, organizîndu-se, oamenii își confecționează mijloacele care-i ajută la procurarea celor necesare vieții lor, mijloace care reprezintă un bun al colectivității, care se transmit și se perfecționează de la o generație la alta — uneltele.

Această activitate organizată a oamenilor, în cadrul vieții sociale, înfăptuită prin mijlocirea uneltelor, este munca.

„La început munca, scrie Fr. Engels, iar apoi, împreună cu ea, vorbirea articulată sînt cele două stimulente esențiale sub influența cărora creierul maimuței s-a transformat încetul cu încetul într-un creier omenesc care, cu toată asemănarea lui cu creierul maimuței, este mult mai mare și mai perfecționat decît acesta.

Paralel cu dezvoltarea creierului s-au dezvoltat însă și uneltele lui cele mai directe — organele simțurilor. După cum în dezvoltarea ei treptată, vorbirea este întovărășită în mod inevitabil de perfecționarea corespunzătoare a organului auzului, tot astfel, în genere, dezvoltarea creierului este întovărășită de dezvoltarea tuturor simțurilor". [1]

Trecerea la stadiul om a însemnat o schimbare extraordinar de importantă în funcționarea creierului. Această schimbare se referă mai ales la mecanismele activității sale de semnalizare.

Superioritatea creierului mamiferelor stă, în primul rînd, în marea lui capacitate de formare a legăturilor, a legăturilor temporare, datorită cărora un număr imens de excitanți pot intra în slujba orientării animalului, servind ca semnale.

La om, această activitate de semnalizare se lărgește enorm prin intrarea în joc a unei noi categorii de

[1] Fr. Engels, „Dialectica Naturii", Editura de Stat pentru literatură politică, 1954, pag. 172—173.

semnale, cu proprietăți noi, excepționale, categorie neîntîlnită la animale.

Această nouă categorie de semnale este, în același timp, rezultat și condiție a vieții sociale a omului. Ea e constituită de cuvînt.

Animalul poate recunoaște prezența mîncării prin mirosul ei, prin aspectul ei, prin vasul în care e de obicei conținută. Legătura dintre hrană și animal este mijlocită de un semnal, care nu este decît un fenomen ce însoțește mai mult sau mai puțin constant hrana.

Cuvîntul „carne" este tot un semnal, dar acesta nu mijlocește o legătură directă între un anumit aliment și om, ci o legătură între doi oameni care, fiecare în parte, au avut de-a face cu alimentul respectiv.

Ca să mănînc mîncarea din fața mea, n-am nevoie de cuvinte. Ca să mănînc mîncarea pe care altcineva o păstrează, trebuie însă să folosesc cuvintele, pentru că numai prin intermediul celeilalte persoane pot să-mi procur mîncarea.

Cuvintele reprezintă, deci, un nou gen de semnalizare, o semnalizare interumană.

Că și cuvintele reprezintă semnale, este clar. Cuvîntul „carne" anunță, semnalizează alimentul respectiv, tot așa după cum mirosul anunță, semnalizează de departe prezența acestui aliment. Ca și în cazul mirosului, valoarea cuvîntului se naște numai din asocierea sa cu un anumit lucru, pe care-l reprezintă. Altfel, cuvîntul este un simplu grup de sunete care nu spune nimic, care nu determină nici un răspuns din partea noastră.

Dar există și deosebiri foarte importante, rezultînd din însăși întrebuințarea cuvîntului. Cuvîntul apare din nevoia de comunicare. Un cuvînt anumit trebuie să aibă aceeași valoare de semnalizare pentru zeci, sute, mii de oameni — altfel nu e de nici un folos.

Aici stă prima mare deosebire.

Dacă, ori de cîte ori se aude un sunet de clopoțel, cîinele capătă de mîncare, sunetul acesta devine semnal pentru cîine, vestind apropierea mîncării. Aceasta

nu înseamnă însă că, şi pentru alt cîine, acelaşi sunet trebuie să aibă acelaşi înţeles. Acelaşi sunet poate ajunge să prevestească o lovitură, de pildă.

Semnalul, în relaţiile dintre animal şi mediul înconjurător, nu reprezintă decît o legătură individuală.

Cuvîntul, însă, nu-şi poate îndeplini rolul decît dacă, pentru zeci de mii de oameni, semnalizează acelaşi lucru, tocmai pentru că rolul cuvîntului nu este de a mijloci legătura între om şi un lucru anumit, ci legătura între mai mulţi oameni, în raport cu un lucru anumit.

De aici rezultă însă şi altceva. Oamenii aceştia, care folosesc cuvintele pentru a comunica între ei, n-au toţi aceeaşi experienţă de viaţă. Să luăm, de pildă, cuvîntul casă. Cuvîntul, spuneam, trebuie să însemne pentru toţi acelaşi lucru. Dar unul e de la ţară şi n-a văzut decît locuinţele individuale ţărăneşti. Un altul e dintr-un orăşel de provincie şi n-a văzut decît case cu un etaj sau două. Locuitorul unui mare oraş a văzut însă şi clădiri cu 8 sau 10 etaje. Pentru toţi aceşti oameni, însă, cuvîntul *casă* trebuie să aibă acelaşi înţeles, altfel n-ar putea comunica între ei. Cum e posibil acest lucru? Toate aceste „obiecte", denumite casă, au anumite proprietăţi comune. Ele sînt, în primul rînd, construcţii care folosesc oamenilor pentru a locui în ele.

Tocmai în baza acestor însuşiri comune au dat oamenii diverselor tipuri de case aceeaşi denumire, reunindu-le într-o singură categorie.

Cuvîntul, ca excitant semnalizator, nu semnalizează un anumit obiect particular (aceasta se întîmplă numai cu numele proprii), ci o infinitate de obiecte reunite într-o categorie unică, în baza unor însuşiri esenţiale, comune. De aceea se spune că cuvîntul este un excitant generalizator. Generalizarea aceasta, reunirea aceasta a unei diversităţi de obiecte într-o categorie unică, pe baza însuşirilor lor esenţiale, este rezultatul experienţei colective, sociale.

Şi la animale e posibilă generalizarea. Dacă aceeaşi sonerie ar fi însoţită uneori de carne, alteori de brînză, alteori de apă, ea ar semnaliza o reacţie de hrănire, în general, din partea animalului şi nu reacţia în vederea unui anumit aliment.

Deosebirea fundamentală constă în aceea că, la animal, această generalizare reflectă numai propria experienţă a animalului, extrem de săracă, de nesigură, în timp ce, la om, această generalizare rezumă experienţa a milioane şi milioane de oameni, care trebuie să înţeleagă, toţi la fel, cuvîntul respectiv.

La prima impresie, aurul şi arama nu par a se deosebi, iar argintul poate fi foarte bine confundat cu nichelul. Cu toate acestea, experienţa i-a învăţat pe oameni că între aur şi aramă sînt deosebiri importante, ca şi între argint şi nichel şi că mai multă înrudire există între aur şi argint.

De aceea, aurul şi arama, argintul şi nichelul au căpătat denumiri diferite, iar aurul şi argintul au intrat într-o categorie mai mare, comună: metale nobile.

Generalizarea, pe care o exprimă un cuvînt, s-a făcut pe criterii cu adevărat esenţiale, dovedite ca esenţiale prin contribuţia a milioane de oameni. Caracteristic pentru cuvînt este faptul că el exprimă nu un obiect concret, ci o categorie de obiecte avînd aceleaşi însuşiri esenţiale, adică o noţiune.

Limbajul a constituit astfel, după expresia lui Pavlov, un al doilea sistem de semnalizare, propriu oamenilor. Semnalizarea prin excitanţi concreţi — culori, sunete, mirosuri etc. — care se manifestă prin senzaţii şi percepţii, este unicul sistem de semnalizare al animalelor şi primul sistem de semnalizare al omului.

Datorită acestui nou principiu de semnalizare, prin cuvînt, progresul devine extrem de rapid.

Insecta posedă de la naştere un ansamblu de mecanisme nervoase, care, sub forma instinctelor, îi permite să desfăşoare o comportare complexă, fără să fie

nevoită să recurgă la diverse încercări şi căutări individuale.

Mamiferele au un fond de reflexe necondiţionate relativ sărac. Ele au, însă, capacitatea de a dobîndi o largă experienţă individuală, sub formă de reflexe condiţionate.

Cel de-al doilea sistem de semnalizare face posibilă o altă cale de perfecţionare.

Omul nu se bizuie numai pe fondul lui de reflexe înnăscute — destul de sărac de altfel. Nu se bizuie nici numai pe experienţa sa strict individuală.

Spre deosebire de toate celelalte animale, omul foloseşte experienţa semenilor săi, a generaţiilor trecute ca şi a contemporanilor săi, experienţă care nu-i este servită sub forma unui fond ereditar, ci îi este transmisă prin limbaj.

Pentru ca o generaţie a unei specii de animale să ajungă să beneficieze de experienţa cîştigată de generaţiile anterioare, prin îmbunătăţirea însuşirilor înnăscute, trebuie să treacă mii şi mii de ani. După ce nenumărate generaţii au trăit în anumite condiţii constante de mediu, care le cer însuşiri noi, se va ajunge ca, la un moment dat, noua însuşire să apară de la naştere.

Datorită celui de-al doilea sistem de semnalizare, folosirea experienţei semenilor se face pe o cale incomparabil mai rapidă şi mai rodnică.

Fiecare om poate comunica celorlalţi cele aflate de el despre lumea înconjurătoare. Milioane şi milioane de asemenea experienţe individuale se adună, se confruntă, se organizează, se sistematizează şi se strîng în fondul comun al culturii umane.

Fiecare om va putea beneficia, la rîndul său, de acest imens tezaur învăţînd, aflînd de la ceilalţi şi avînd, prin aceasta, posibilitatea de a contribui într-o şi mai mare măsură la progresul societăţii umane.

Superioritatea omului faţă de celelalte animale nu rezultă numai din calităţile înnăscute ale sistemului său nervos. Omul nu este *om* numai prin naşterea sa.

El este om mai ales prin viaţa sa socială. În afara societăţii, omul nu s-ar deosebi prea mult de maimuţe. Societatea îi dă graiul, îi dă cunoştinţe, îl învaţă să confecţioneze şi să folosească unelte, să-şi facă şi să folosească locuinţe, îmbrăcăminte etc.

Dar iată că graiul, odată apărut, s-a dovedit a fi în stare să îndeplinească şi o altă funcţie, în afară de cea a comunicării.

Cînd un om dă altuia o dispoziţie, de pildă: „Ia cazmaua din curte şi pune-o în şopron!", aceste obiecte nu trebuie să fie de faţă pentru ca cei doi oameni să se înţeleagă. Cuvintele pot înlocui cu succes obiectele concrete.

Cînd un om are de rezolvat o problemă, de pildă să ajungă în timpul cel mai scurt într-un loc oarecare, el nu trebuie să încerce neapărat toate drumurile, pentru a-şi da seama care e cel mai convenabil. Cuvintele îl pot ajuta şi în acest caz, înlocuind acţiunile, încercările reale. „Dacă o apuc pe drumul cutare, am de urcat un deal şi asta mă întîrzie. Dacă o apuc pe celălalt drum, s-ar putea să mă împiedice apele rîului care au venit mari", şi aşa mai departe.

Cuvintele, putînd înlocui lucrurile şi acţiunile concrete, permit omului să comunice nu numai cu alţii, ci şi cu sine însuşi şi astfel să încerce cu mintea diferite soluţii la problemele întîlnite — pe scurt îi permit omului *să gîndească*.

Şi animalele rezolvă diferite probleme: cum să pătrundă într-o încăpere închisă unde ar găsi ceva de mîncare sau s-ar putea adăposti, cum să ajungă pe un loc mai înalt, de pildă pe un acoperiş etc. Şi ele, pentru a rezolva problemele, trebuie să încerce. Dar toate încercările animalelor trebuie să se desfăşoare cu adevărat, efectiv.

Ce economie imensă de timp şi energie reprezintă acest mijloc de căutare, de încercare cu ajutorul limbajului, această acţiune *simbolică*. Şi dacă mai adăugăm la aceasta faptul că omul se apucă de rezolvarea unei probleme înarmat cu anumite cunoştinţe, care reprezintă

rezultatul a nenumărate experienţe făcute de milioane de semeni ai săi, înţelegem colosala diferenţă dintre capacităţile omului şi cele ale animalului.

Datorită acestui nou principiu de semnalizare care îmbină, care cristalizează experienţe nenumărate, omenirea s-a putut ridica pe o treaptă superioară de reflectare a realităţii.

Omul nu vede lucrurile, întîmplările din lumea înconjurătoare numai cu proprii săi ochi, prin prizma experienţei sale individuale, ci din perspectiva vastă a milioane de priviri, a milioane de experienţe. În felul acesta cunoaşterii i se dezvăluie o nouă, o altă înfăţişare a lumii. Omul descoperă că, în toată această diversitate şi varietate de lucruri şi întîmplări nenumărate, există o anumită ordine, o anumită regularitate. Se naşte nevoia omului de a înţelege lucrurile care-l înconjoară, adică nevoia de a vedea în toate aceste lucruri şi fenomene manifestarea unei ordini, a unei regularităţi, a unor legi.

Din străduania sistematică a oamenilor de a înţelege şi explica cele ce se petrec în lumea înconjurătoare, prin raportarea lor la legi, se naşte Ştiinţa. Cunoscînd din ce în ce mai bine şi mai exact legile naturii, omul scapă într-o măsură din ce în ce mai mare de tirania hazardului, a neprevăzutului şi devine stăpînul naturii. Fenomenele i se supun, căci, cunoscînd legile care le guvernează, le poate prevedea desfăşurarea şi le poate influenţa mersul.

Privind din perspectiva tuturor, omul se zăreşte la un moment dat şi pe sine însuşi. El începe să se preocupe şi de sine, de ceea ce face, de locul pe care-l ocupă printre ceilalţi. El începe să gîndească despre sine, aşa cum gîndeşte şi despre alţii. Se naşte conştiinţa omului, conştiinţa propriei existenţe.

Acest nou principiu de semnalizare — semnalizarea prin limbaj — clădit de viaţa socială pe baza cunoaşterii directe a realităţii prin senzaţii şi percepţii, modifică, îmbogăţeşte, dezvoltă însăşi această reflectare nemijlocită, care i-a servit drept temelie.

Senzațiile omului nu mai sînt senzațiile animalelor. „Vulturul vede mult mai departe decît omul — scria Fr. Engels — dar ochiul omului remarcă într-un loc mult mai multe decît ochiul vulturului. Cîinele are mirosul mult mai fin decît omul, dar nu distinge nici a suta parte din mirosurile care, pentru om, sînt indiciile precise ale unor lucruri diferite".[1]

Cercul de obiecte, de fenomene de care se interesează omul este lărgit enorm în cadrul vieții sociale. Ce distanță imensă separă viața celei mai inteligente maimuțe de viața, oricît de modestă, a unui om.

Munca, activitatea, profesia ne rafinează simțul pipăitului, ne ascut privirile, ne îmbogățesc auzul. Culori, sunete, mirosuri capătă mii și mii de înțelesuri noi, legate de atîtea și atîtea fapte diverse atrase în cercul preocupărilor noastre. Munca fină a strungarului, munca de precizie a ceasornicarului, a textilistului, îi învață să descifreze semnalele delicate ale pielii. Botanistul ghicește într-o nuanță de culoare a unei frunzulițe, a unei petale, un nou soi de plantă. Grădinarul, chimistul, viticultorul de descurcă în lumea nevăzută a mirezmelor, identificînd sorturi, varietăți, vîrste, amestecuri.

Și apoi arta! Muzica, pictura, sculptura ne-au dezvăluit atîtea sensuri adînci, ascunse în jocurile de lumini și culori, în combinațiile de sunete, în armonia formelor.

Drumul parcurs de senzație, de la maimuță la omul civilizat, este neînchipuit de lung și complicat. Senzațiile noastre s-au dezvoltat ca mijloace de informare de o mare finețe și precizie, în stare să ne servească în multiplele noastre relații cu lumea înconjurătoare.

---

[1] Fr. Engels, „Dialectica Naturii", Editura de Stat pentru literatură politică, 1954, p. 173.

Instrumentele cunoaşterii

Îndelungat a fost drumul parcurs de natură de la amoebă la rîmă, de la rîmă la om. Încetul cu încetul, încercînd în mii de feluri, risipind cu dărnicie cele mai diverse forme, cele mai diferite mijloace, agonisind cu migală, de la o specie la alta, tot ce se dovedea trainic și de folos, natura a înzestrat animalele cu minunate mecanisme de reflectare a atîtor și atîtor aspecte felurite ale lumii înconjurătoare.

Din forma primitivă de reactivitate a organismelor vii, în care simțirea și răspunsul se găsesc blocate într-un act unic, simțirea izbutește treptat să se desprindă și să se separe. Apare prima diviziune a atribuțiilor, în cadrul organismului hidrei, în celule sensibile, care recepționează informațiile, și celule efectoare, musculare, care dau răspunsul: este cuplul receptor — efector.

Dar aceste celule sensibile migrează și în adîncul țesuturilor, punîndu-se în legătură unele cu altele. Sistemul se complică astfel și se perfecționează. Transmisia nu se mai face direct, de la receptor la efector. Informația primită de o celulă receptoare, așezată de pază la suprafața corpului, se răspîndește printr-o întreagă rețea de celule intermediare, de legătură, și numai apoi ajunge la celulele efectoare, musculare, care pot fi astfel mobilizate în masă. Este forma primitivă de sistem nervos: rețeaua nervoasă.

Cu apariția neuronului la viermi, se produce o îmbunătățire fundamentală. Excitația nu se mai răspîndește la întîmplare, ci e dirijată pe căi precise. Celula recep-

toare (neuronul senzitiv) așezată la suprafața corpului, primește mesajele lumii externe, le transformă în mesaje nervoase și le trimite în interiorul centralelor, în ganglioni, unde al doilea tip de neuron, neuronul motor, comandă răspunsul mușchiului. Alteori, celula receptoare își are corpul ascuns în ganglion și-și primește informațiile prin cablul trimis la suprafață, prin dendrită.

În același timp, s-a produs și o altă perfecționare de mare importanță: celulele receptoare s-au specializat pentru primirea informațiilor, după natura acestora: unele sînt specializate în recepționarea luminii, altele în recepționarea influențelor chimice, altele răspund la atingeri. În loc de celule cu o receptivitate generală, avem acum celule senzoriale, celule nervoase specializate în recepționarea unor anumite categorii de informații. Celulele acestea senzoriale nu rămîn risipite la suprafața corpului, ci se grupează pe specialități, trimițîndu-și mesajele prin pachete de fibre, prin nervi, în anumite regiuni specializate ale sistemului nervos. Apar astfel analizatorii, aparate specializate, complexe, care reunesc celule senzoriale, căi de conducere și stațiuni centrale în care mesajele nervoase sînt luate în primire, descifrate, identificate, valorificate în serviciul unui răspuns util al întregului organism — transformate, deci, în oglindiri subiective ale realității obiective, în senzații.

Cu cît această operație de analiză, de sortare, de descifrare a mesajelor e mai fină, mai exactă, mai adaptată, cu atît se obține și o informare mai precisă și mai bogată asupra lumii externe.

Analizatorii se perfecționează. Apare un al doilea tip de celulă senzorială, care se interpune între celula nervoasă primară și lumea externă. Celula senzorială de care am vorbit pînă acum, celula senzorială primară, este un neuron specializat în recepționarea unei anumite categorii de informații.

Al doilea tip de celulă senzorială, celula senzorială secundară, nu este un neuron, nu este o celulă nervoasă.

Ea provine dintr-o celulă epitelială — a pielii — care se modifică, se specializează în a deveni foarte sensibilă la anumite categorii de excitanți. Cititorul va vedea că astfel de celule senzoriale secundare reprezintă celulele receptoare la simțurile pielii (atingere, temperatură), la analizatorul gustului și la analizatorul auditiv.

Văzul (la vertebrate) și mirosul nu uzează de astfel de celule senzoriale. Celulele receptoare ale acestor analizatori, asupra cărora cad influențele lumii din afară (lumina și, respectiv, substanța mirositoare) sînt neuroni — sînt celule senzoriale primare.

Căile care duc de la receptori la centru se complică. În afară de neuronii senzitivi și neuronii motori, apare neuronul de asociație. Cu ajutorul a doi, trei neuroni de asociație, excitația poate străbate distanțe mari și poate fi dirijată în direcții diferite.

Perfecționarea analizatorilor a mărit nu numai sfera de fenomene din care-și culeg informațiile, dar a mărit și finețea lor.

Finețea unui analizator se măsoară prin pragurile sale. Cu cît e mai slab excitantul în stare să ne provoace o senzație anumită, cu atît e mai sensibil acest analizator. Pragul este tocmai valoarea — limită a unui excitant capabil să ne provoace o senzație. Așa, de pildă, sensibilitatea ochiului nostru e extrem de mare. După savantul sovietic Vavilov, pragul ar fi dat de o lumină egală cu a mia parte dintr-o lumînare așezată la un kilometru distanță (dacă lumina n-ar fi absorbită pe drum de atmosferă). Acesta este pragul absolut, valoarea minimă a excitantului care poate fi percepută.

Finețea analizatorului se referă, însă, așa cum s-a văzut, și la posibilitatea de a distinge, de a diferenția excitanții: două nuanțe de culoare, două tonuri, două gusturi, două apăsări etc. În acest caz, vorbim de pragul diferențial, de cea mai mică diferență între excitanți, care se reflectă sub forma unei diferențe de senzații. Dacă la un cor de o sută de persoane se mai adaugă o persoană, noi nu ne vom da seama.

Dar dacă se adaugă zece persoane, vom remarca diferența. Aceasta înseamnă că pragul diferențial reprezintă, în acest caz, tocmai tăria sunetului produs de cele zece glasuri reunite.

O serie întreagă de probleme extraordinar de complicate a trebuit să rezolve natura, în milioane și milioane de ani, pentru a realiza și a îmbunătăți aceste aparate de reflectare — analizatorii.

Diferite forme de energie au fost treptat captate și întrebuințate ca solii ale lumii externe. Influențe chimice, acțiuni mecanice, lumină, căldură, vibrații ale aerului.

Dar aceste forme de energie prezintă fiecare particularitățile lor, ciudățeniile lor. Problemele ridicate de recepționarea, analiza, sortarea radiațiilor luminoase diferă radical de cele ridicate de recepționarea influențelor chimice. Pentru a obține, de la fiecare din aceste solii, un maximum de informații despre proprietățile obiectelor din lumea externă, a fost necesar să se construiască dispozitive de o complexitate, de o ingeniozitate excepțională, special adaptate formei respective de energie. Și poate cea mai mare greutate a constituit-o însuși modul de funcționare al neuronului.

Din cele scrise pînă aici, cititorul a rămas, poate, cu impresia că neuronul este asemenea unui cablu docil prin care poți transmite orice vrei. Primește un mesaj luminos — transmite un mesaj luminos. Primește o acțiune mecanică — transmite o acțiune mecanică. E vorba de o rază de lumină roșie? Transmite o rază de lumină roșie. E lumina mai vie, sau e lovitura mai puternică? Și mesajul transmis va fi mai intens.

Ei, nu este așa!

În primul rînd, prin neuroni nu circulă nici lumină, nici lovituri, nici vibrații, circulă numai energia nervoasă, excitația, influxul nervos. În al doilea rînd, un neuron nu poate îndeplini servicii diferite, chiar în cadrul aceleiași specialități.

Pentru o mai bună înțelegere a lucrurilor să ne oprim puțin asupra funcționării neuronului.

După teoriile moderne, rolul principal în transmiterea excitației îl joacă membrana, învelișul neuronului.

Neuronul este și el o celulă și viața sa cere un schimb de substanțe cu mediul înconjurător. Schimbul de substanțe dintre celulă și mediu se face, se înțelege, prin înveliș, prin membrană. Acest lucru se realizează, în primul rînd, datorită faptului că membrana e permeabilă. Anumite substanțe pot difuza prin ea, pătrunzînd în celulă sau ieșind din celulă. Cauza acestor pătrunderi sau ieșiri de substanțe o constituie tendința către o permanentă echilibrare între interiorul celulei și mediul exterior.

Echilibrarea aceasta a substanțelor, de o parte și de alta a membranei, are ca efect, din motive pe care nu le putem arăta aici, polarizarea electrică a membranei. Membrana neuronului este, în mod obișnuit, pozitivă la exterior și negativă în interior, între interiorul și exteriorul membranei existînd, deci, o diferență de potențial (ca între polii unei baterii electrice, la care, însă, diferența de potențial e, evident, mult mai mare).

Ce se întîmplă dacă de fibra nervoasă se apropie un excitant oarecare: o atingere, un curent electric, o substanță chimică? (Cercetările se fac, de obicei, cu folosirea curentului electric ca excitant, pentru că mijloacele de măsurare și de dozare ale acestuia sînt extrem de precise.) Fibra nervoasă răspunde printr-o serie de oscilații ale diferenței de potențial existente la început.

Aceste oscilații prezintă patru momente principale.

Acțiunea excitantului determină, întîi, un potențial local, adică determină o stare de activitate electrică a fibrei, restrînsă la regiunea în care a fost aplicat excitantul.

Dacă excitantul este slab, atunci răspunsul fibrei se mărginește la acest răspuns local. Dacă puterea excitantului crește, această stare de activitate a fibrei se întinde pe o porțiune mai mare a ei.

Dacă puterea excitantului crește și mai mult, trecînd de un anumit nivel, se constată cum, deodată, potențialul crește foarte mult sub forma unei unde electrice negative care, de astă dată, se întinde de-a lungul întregii fibre. Dacă experimentatorul continuă să mărească intensitatea excitantului, el nu va mai constata o creștere a potențialului electric propagat prin fibră. Acest potențial a fost numit potențial de vîrf.

Imaginați-vă că apăsați cu degetul pe trăgaciul unei arme. Dacă apăsarea e slabă, trăgaciul se va mișca ușor: efectul e local, altceva nu se mai întîmplă. Dacă, însă, veți continua să apăsați, arma se va descărca, dintr-o dată, și glontele va porni. Nu veți putea obține o explozie mai puternică și deci zvîrlirea glontelui la o distanță mai mare, dacă veți apăsa mai puternic. Oricît de puternică e apăsarea (bineînțeles, pînă la anumite limite, căci instrumentul se poate și defecta — ceea ce se întîmplă și în cazul nervului), efectul va rămîne exact același. Arma se descarcă dintr-o dată, cu puterea ei maximă, cînd apăsarea pe trăgaci a atins un anumit nivel.

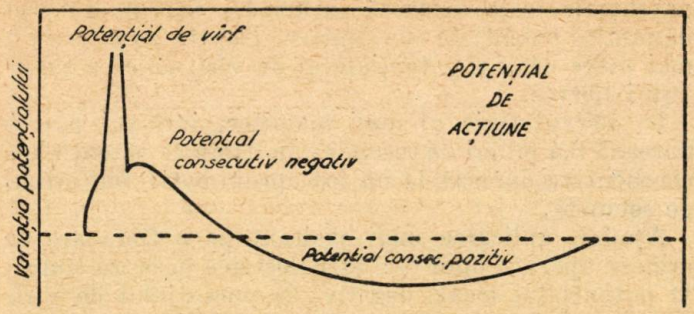
Așa se petrec lucrurile și în cazul fibrei nervoase. Fenomenul acesta, formulat ca lege, a fost numit legea „totul sau nimic".

În răspunsul fibrei nu există gradații. Sau nu răspunde (de fapt răspunde cu un potențial local), sau răspunde cu toată puterea: potențialul de vîrf.

Ei bine, tocmai acest potențial de vîrf, acest curent care se propagă cu o intensitate maximă, declanșat deodată prin toată fibra, a fost denumit influx nervos.

De ce influx nervos? Să nu uităm că ceea ce se propagă prin fibra nervoasă nu este pur și simplu un curent electric, ci un curent specific celulei nervoase constituit și din modificări chimice, de temperatură, mecanice, dar care, în ansamblu, formează un fenomen vital, biologic.

Oamenii nu cunosc amănuntele acestor fenomene extraordinar de complicate. Ei înregistrează, însă, mai



19. Curbă reprezentînd variația potențialului unei fibre nervoase în urma unei stimulări destul de intense pentru a provoca un influx nervos.

ușor o anumită latură, o anumită manifestare a acestui curent complex și misterios, și anume pe cea electrică. De aceea datele pe care le avem despre acest curent, care este un curent nervos, sînt în primul rînd în legătură cu fenomene electrice.

În momentul în care o fibră este excitată, potențialul de vîrf apărut se va propaga prin dendrită, prin corpul celular și, mai departe, prin axon pînă la capătul acestuia. Dacă extremitatea neuronului ajunge la o fibră musculară, aceasta se va contracta; dacă ajunge la dendritele unui alt neuron, acesta va fi și el excitat.

Aparatele de înregistrare arată că și potențialul local și potențialul de vîrf (influxul nervos) sînt potențiale negative. Cititorul a reținut că suprafața fibrei este pozitivă și interiorul negativ. Aceasta arată că apariția potențialului local și a potențialului de vîrf se explică prin iruperea ionilor negativi din interior la suprafață. (Amintim că ionii sînt atomi sau grupări de atomi purtînd anumite sarcini electrice).

Starea de activitate cu care fibra răspunde unui excitant nu se termină, însă, cu propagarea influxului nervos. Acestei unde negative maxime îi urmează automat o undă slabă, tot negativă, apoi o undă pozitivă, după care echilibrul se restabilește. Aceste două

potențiale, care urmează influxului nervos, au fost denumite potențiale consecutive. Durata lor este mult mai mare decît a potențialului de vîrf, adică a influxului nervos.

În nervul tipic al unui mamifer, influxul nervos durează 0,4 miimi de secundă, în timp ce potențialele consecutive durează la un loc aproximativ 100 miimi de secundă.

Așadar, aplicarea unui excitant pe o fibră are ca urmare apariția unor oscilații electrice în patru timpi: 1) potențialul local, negativ, 2) potențialul de vîrf, negativ (influxul nervos), 3) potențialul consecutiv, negativ și 4) potențialul consecutiv, pozitiv.

Ce se întîmplă dacă acțiunea excitantului asupra fibrei nervoase este repetată înainte de terminarea celor patru faze prin care trece fibra ca răspuns la excitarea precedentă?

Răspunsul fibrei depinde de momentul în care excitantul va fi din nou aplicat.

Dacă excitantul este aplicat la un interval de timp extrem de scurt după primul, adică în timpul potențialului local, el este foarte binevenit, căci poate lua parte la declanșarea influxului nervos — a potențialului de vîrf. Aceasta este perioada sumării latente, căci chiar dacă ambii excitanți sînt atît de slabi, încît nu pot declanșa separat impulsul, sumați, cu forțele reunite, ei izbutesc acest lucru. Perioada aceasta, în care excitanții se pot ajuta între ei pentru a declanșa influxul, este extrem de scurtă: 0,5 miimi de secundă. Dacă, însă, excitantul al doilea a întîrziat la întîlnire și s-a prezentat după expirarea acestui extrem de scurt interval, sosind în timpul potențialului de vîrf, noua stimulare rămîne fără efect. Aceasta este perioada refractară. Perioada refractară are o primă fază absolută, în care efectul excitantului este nul, și o fază refractară relativă, în care excitantul trebuie să fie destul de puternic pentru a produce un efect. Durata fazei refractare absolute este de 0,5 miimi de secundă, iar a aceleia relative de 3 miimi de secundă.

După trecerea perioadei refractare, excitabilitatea fibrei nervoase crește mult, depășind excitabilitatea ei normală. În această perioadă, supranormală, chiar un excitant mai slab decît cel necesar să provoace influxul în stare normală, poate produce un efect. Perioada supranormală coincide cu potențialul consecutiv negativ.

În sfîrșit, în timpul ultimei oscilații electrice a fibrei — potențialul consecutiv pozitiv — excitabilitatea scade iar. În această perioadă subnormală, excitarea fibrei nu se produce decît cu un excitant mai puternic decît este necesar cînd fibra e în repaus. Perioada subnormală seamănă, deci, cu faza refractară relativă, dar durează mult mai mult decît aceasta.

Duratele indicate mai sus nu sînt aceleași pentru orice fel de fibre nervoase. Oamenii de știință au stabilit în ultimii ani că există diferite tipuri de fibre nervoase în fiecare analizator. Fibrele se pot deosebi între ele prin grosimea lor, prin faptul dacă au sau nu au un anumit înveliș format dintr-o substanță protectoare (mielina) și, corespunzător acestor însușiri, prin viteza cu care se propagă influxul în ele, prin mărimea sau amplitudinea acestui influx și prin ușurința cu care fibrele pot fi excitate. Datele pe care le-am arătat se referă numai la o anumită categorie, obișnuită, de fibre și sînt în funcție și de alți factori (oboseală, temperatură etc.).

De ce era nevoie să obosim cititorul cu această lungă excursie în regiunile aride ale numelor și cifrelor? Ce legătură au toate acestea cu mecanismele cunoașterii?

Importanța acestor fapte, pentru înțelegerea modului în care analizatorii realizează reflectarea realității, este foarte mare.

Fibra nervoasă este cea care conduce prin relee, adică printr-un lanț format din cîțiva neuroni, mesajul nervos de la receptorul din organul de simț, la creier.

Senzaţia noastră, felul în care se formează oglindirea subiectivă a unei însuşiri — sunet, culoare, miros, gust, atingere etc. — va depinde deci şi de fidelitatea, de siguranţa cu care fibra va transporta mesajul brut al receptorului la laboratorul central.

Cititorul e rugat să remarce, însă, un lucru care influenţează capital principiile după care analizatorul îşi organizează activitatea. Influxul nervos nu are variaţii de amplitudine. Aşa cum am arătat, el este potenţialul de vîrf, adică descărcarea cu intensitate maximă a energiei nervoase. Numai potenţialul de vîrf este mesagerul care străbate tot lanţul de neuroni, pentru că celelalte momente ale activităţii neuronului sînt prea slabe pentru a declanşa activitatea neuronului următor. Mesajul se transmite din neuron în neuron, pînă ajunge la creier, prin aceste potenţiale maxime, adică tocmai prin influxuri nervoase.

Gîndiţi-vă că o nefericită întîmplare v-a pus la dispoziţie un biet curier nătîng care nu e în stare decît să rostească o singură vorbă: da.

Da, da, da, asta e tot ce poate spune. Poftim de-ţi fă treburile cu el! Oriunde-l trimiţi şi orice însărcinare i-ai încredinţa, el nu poate spune, sosind la destinaţie, decît: da, da, da. Ei bine, de astfel de curieri trebuie să se servească analizatorii noştri pentru transmiterea mesajelor în interiorul lor, de la periferie la centru.

Cum este posibil ca, folosind numai astfel de curieri, să poată fi transmise mesajele acestei imense varietăţi de însuşiri ale lumii externe, pe care o cunoaştem? Sute de nuanţe de culoare, mii de tonuri diferite, o întreagă gamă de gusturi şi mirosuri! Şi pe urmă, toate acestea nu diferă numai din punctul de vedere al calităţii — roşu de galben, nota re de nota mi, amar de sărat — dar şi din punctul de vedere al intensităţii. Zeci de grade de intensitate au senzaţiile noastre, reflectînd puterea cu care acţionează excitanţii — sunetele, culorile, atingerile etc.

Cum poate un curier, care nu poate spune decît da, da, da, întotdeauna *la fel de tare*, să transmită indicații în legătură cu intensitatea?

Pentru înțelegerea lucrurilor va trebui să ținem seama de faptul că, sub acțiunea prelungită a unui excitant, fibra nervoasă răspunde printr-un șir întreg de influxuri care se succed rapid și care durează cît timp durează și acțiunea excitantului. Ceea ce înseamnă că cel puțin o informație poate transporta acest curier nătîng: despre durata acțiunii stimulentului.

Dar mai este ceva, curierul nostru mai știe ceva: el poate spune da, da, da, mai repede sau mai rar. Cîte întrebuințări n-a dat analizatorul acestei „științe" a fibrei!

Mai repede sau mai rar? Dar nu este vreo legătură între frecvența influxului nervos (de cîte ori rostește curierul nostru da, da, pe secundă) și unele însușiri ale excitantului? Experiențele arată că o astfel de legătură există.

Dacă se folosește ca excitant un curent alternativ, deci un curent electric cu zeci sau sute de oscilații pe secundă, acesta joacă rolul unui excitant a cărui acțiune se repetă de zeci sau de sute de ori pe secundă. Frecvența curentului (numărul de oscilații pe secundă) se poate măsura.

Cum va răspunde nervul acestui bombardament de excitații? Fiecărei excitări, adică fiecărei oscilații a curentului, nervul îi va răspunde printr-un influx nervos întovărășit de celelalte oscilații menționate. Cu alte cuvinte, dacă curentul electric are o frecvență de 50 variații pe secundă, fibra nervoasă va răspunde și ea prin 50 de influxuri nervoase pe secundă.

Dar dacă frecvența excitantului este mărită mereu? Poate crește tot așa, neîncetat și frecvența influxurilor? Se înțelege că nu. Cititorul își amintește că fiecare influx nervos este însoțit de o fază refractară în cursul căreia excitantul nu mai poate produce vreun efect. Aceasta are durata ei, care depinde de construcția fibrei și care nu poate fi redusă. În felul acesta, trimi-

ţînd impulsuri din ce în ce mai dese asupra fibrei nervoase, aceasta nu va mai putea urma, la un moment dat, frecvenţa impulsurilor şi va rămîne în urmă.

De aici rezultă iarăşi o serie de probleme complicate. Să ne gîndim, de pildă, la auz. Sunetele rezultă din vibraţii ale aerului, dar vibraţiile acestea, pe care urechea omenească le poate prinde sub formă de sunete, ajung la frecvenţa de 20 000 de vibraţii pe secundă. Cum poate analizatorul auditiv, cu fibre nervoase care nu pot transporta mai mult de cîteva sute de mesaje pe secundă, să urmeze sunetul pînă la aceste frecvenţe ameţitoare?

Aceasta şi încă multe alte probleme extrem de complicate a trebuit să rezolve natura în opera de construire a aparatelor de reflectare a realităţii,cu care sînt înzestrate organismele vii.

INFORMAŢIILE PIELII

Mîna, organ de acţiune şi organ de cunoaştere! Priviţi degetele, aceste harnice şi înţelepte lucrătoare, cu cele trei articulaţii ale lor. Ce delicate pot fi mişcările executate, ce imensă varietate de combinaţii se obţine din diversitatea poziţiilor pe care le pot ocupa!

Sculptorul urmăreşte cu privirea liniile chipului care-i serveşte drept model. Degetul său se înfundă în materia plastică sau alunecă la suprafaţa ei, modelînd rotunjimi delicate sau cute aspre, dînd căldura vieţii substanţei neînsufleţite.

Cum să prinzi zîmbetul acela abia trădat? Cum să învii, din materia inertă, linia aceea care luminează toată faţa? În ce constă secretul ei, puterea ei?

Sutimi de milimetru contează. Cine poate măsura aceste diferențe? Suferință sau bucurie, îndîrjire sau resemnare, mînie sau calm sînt născute de mîna artistului din jocuri delicate de forme.

Morarul, prinzînd între degete un dram de făină, simte nu numai cît de fin a fost măcinată. El îți poate vorbi și despre calitatea grîului din care provine făina.

Diferențe de nivel, pe suprafața hîrtiei (de care depinde finețea ei), egale cu a mia parte dintr-un milimetru arată mîinii că e vorba de calități diferite de hîrtie.

Simpla apăsare, simpla atingere nu sînt suficiente pentru a prinde asemenea diferențe delicate. Noi simțim presiuni care depășesc doar cu puțin un gram pe un mm^2. Dar posibilitatea noastră de a simți deosebiri între presiuni e relativ mică. Pentru ca să ne dăm seama de o creștere de presiune exercitată asupra pielii, creșterea aceasta trebuie să fie de 1/25 (în medie) din presiunea inițială.

Să rugăm pe cineva să țină ochii închiși, în timp ce noi îi atingem palma, degetele, brațul, cu vîrfurile unui compas.

De necrezut! Noi depărtăm vîrfurile compasului cu 3 cm și le apăsăm pe antebraț. Și totuși, la întrebarea noastră: „cîte înțepături simți?“ omul va răspunde: „una!“ La 4 cm, omul continuă să simtă o singură înțepătură, în loc de două cîte sînt de fapt. Abia dincolo de 4 cm, la 4,5—5 cm omul începe să simtă două înțepături distincte. În palmă, distanța minimă la care înțepăturile se disting este de 9 mm. Mai delicat este acest fel de sensibilitate (acuitatea tactilă) pe vîrfurile degetelor. Distanța minimă (pragul spațial) este aici de 2,2 mm. Sub această limită apăsările se confundă într-o senzație unică. Aceasta înseamnă că chiar cu vîrfurile degetelor noi nu avem decît o cunoștință vagă despre însușirile obiectului atins.

Să apăsăm un deget pe o bucată de hîrtie, pe o bucată de carton, pe o bucată de stofă, pe un lemn. Noi nu

vom simți vreo diferență, cu toate că asperitatea acestor materiale este așa de mult deosebită.

Același organ însă — pielea — ne poate da informații mult mai precise dacă este altfel folosit. Este destul să plimbăm ușor degetul pe suprafața obiectului, pentru ca să distingem nu numai o foaie de hîrtie de o sugativă, dar chiar două foi de hîrtie velină, dacă sînt de calități diferite. Spuneam că pentru aceasta sînt suficiente diferențe de nivel care nu sînt de ordinul milimetrilor (ca la pragul spațial), nici al zecimilor de milimetru, ci de ordinul miimilor de milimetru!

Cum e posibil acest lucru?

Prin traducerea deosebirilor spațiale, în deosebiri de vibrație, pentru care aparatele noastre nervoase de înregistrare dovedesc o mult mai fină sensibilitate.

Să ținem mîna pe o bucată de tablă sau pe o tăblie subțire de lemn în timp ce vorbim în fața ei. Vom simți în degete o ușoară gîdilătură. Sub acțiunea vorbirii noastre, prin mijlocirea aerului, obiectul din fața noastră va începe să vibreze. Aceste mișcări foarte mărunte și foarte dese le simțim sub forma unei gîdilături. Este senzația vibratorie sau, mai bine zis, senzația tactilo-vibratorie (deoarece se obține cu ajutorul pielii mîinii, organul pipăitului).

Să plimbăm acum mîna pe o bucată de carton (a cărei suprafață e aspră). Vom simți, și aici, aceeași furnicare în degete, pentru că și aici pielea noastră a început să vibreze.

De astă dată însă, vibrația e provocată nu de vibrația obiectului, ci de faptul că fiecare punct al pielii, întîlnind neîncetat, prin mișcarea mîinii, gropițele și ridicăturile (invizibile cu ochiul liber) de pe suprafața cartonului, se va destinde și se va comprima necontenit, ușor, dar foarte rapid. Pielea vibrează.

Același lucru se petrece și în cazul patefonului. Acul patefonului alunecă în șanțul spiralat al discului de patefon, întîlnind în drumul său nenumărate încovoieri ale șanțului. Acul va fi obligat să se miște din cauza acestor încovoieri, mărunt și repede, intrînd

astfel în vibrație și transmițînd această vibrație aerului, prin intermediul plăcuței de care este fixat. Astfel, noi vom auzi aceleași sunete care, altădată, emise în fața unui aparat special, de un instrument sau de vocea omenească, au făcut să se imprime, de-a lungul șanțului spiralat al discului, nenumăratele meandre minuscule.

Cînd degetul nostru se mișcă pe suprafața unui obiect, pielea intră și ea în vibrație, asemenea acului patefonului, informîndu-ne astfel, nu despre fiecare gropiță sau ridicătură în parte, ci, în general, despre asprimea, netezimea, finețea obiectului (care depind de numărul și dimensiunile acestor denivelări). Iată deci cum se ajunge, prin folosirea în diferite feluri a aceluiași organ de simț, la reflectarea a diferite însușiri ale obiectelor.

Ținînd în mînă acul de patefon și mișcîndu-l în șanțul discului, sau lipind un deget de plăcuța pe care acul acesta o face să vibreze, n-ar trebui să recunoaștem, datorită senzațiilor vibratorii, bucata muzicală imprimată pe disc? Care este cauza pentru care noi nu simțim altceva decît o furnicătură, mai slabă sau mai pronunțată?

Motivul este că această sensibilitate vibratorie prin mijlocirea pielii este și ea grosolană, în comparație cu capacitatea de prindere a vibrațiilor a altui organ de simț — auzul.

Vibrațiile, care povestesc destul de puțin prin intermediul pielii, ne dezvăluie, recepționate de auz, lumea minunată a sunetelor, de o nesfîrșită varietate și bogăție, lumea vocii omenești și a muzicii.

Aceasta, pentru că organul auzului, prin întreaga sa structură, este special adaptat acestui gen de excitanți.

Dar iată că și acest simț al vibrațiilor prin mijlocirea pielii, căruia omul (cu toate simțurile sănătoase) nu-i dă decît o mică întrebuințare, se dovedește deosebit de folositor celor lipsiți de anumite simțuri.

Se spune că există surzi care pot recunoaşte o bucată muzicală, percepînd cu corpul lor vibraţiile. Aşezaţi cu spatele la orchestră, sau ţinînd mîinile pe pian, ei îşi dau seama ce bucată se cîntă.

În general, după cum se ştie, pipăitul — simţul tactil — se ascute în chip deosebit, ca mijloc de cunoaştere la orbi.

Marele gînditor materialist francez, Denis Diderot, povesteşte într-o lucrare a sa: „Scrisoare despre orbi pentru folosinţa celor care văd", următoarele despre matematicianul englez Saunderson, orb din naştere.

„Exemplul acestui orb ilustru dovedeşte că simţul pipăitului poate să devină mai fin decît vederea, atunci cînd e perfecţionat prin exerciţiu, căci, trecînd cu mîna peste un şir de medalii, el le deosebea pe cele adevărate de cele false, deşi acestea erau atît de bine imitate, încît înşelau pe un cunoscător cu ochi buni. El aprecia exactitatea unui instrument matematic trecînd degetele peste diviziuni.

...Saunderson era impresionat de cea mai mică schimbare ce se ivea în atmosferă şi îşi dădea seama, mai ales cînd timpul era liniştit, de prezenţa obiectelor ce se aflau la cîţiva paşi.

... Saunderson vedea, aşadar, prin piele", conchide Diderot.

Olga Skorohodova, născută într-un sat din Rusia în 1914, a pierdut auzul şi văzul de timpuriu, la vîrsta de 4—5 ani. Timp de cîţiva ani, crescută la un unchi şi apoi la un cămin, nimeni nu s-a ocupat de educaţia ei.

Fetiţa, surdă şi oarbă, pierde şi graiul. Cele mai importante simţuri îi lipsesc. Cel mai important mijloc de comunicare cu semenii — graiul — îi lipseşte. Închisă în întunericul şi în singurătatea ei, fetiţa ar fi mers treptat spre o îndobitocire totală.

Ea a fost salvată prin priceperea, grija, devotamentul unui specialist sovietic, profesorul Sokoleanski. În urma unei munci educative de ani de zile, care a cerut o răbdare nemărginită, educatorii izbutesc să

restabilească legăturile acestei ființe umane cu lumea dimprejur. Fără să vadă și fără să audă, numai prin mijlocirea pipăitului, Olga învață să comunice cu cei din jur, învățînd să folosească pentru aceasta limba degetelor — dactilologia. Fără să vadă obiectele, ea învață să le recunoască, chiar de la oarecare depărtare. Fără să audă, ea învață să le denumească.

Olga Skorohodova este o dovadă strălucită de cît poate voința omenească să realizeze, chiar în condiții nemaipomenit de grele. Ea a scris o carte „Cum percep lumea exterioară", în care ne dezvăluie aspecte ale acestei lumi de întuneric și liniște, în care viața din afară nu pătrunde decît sub forma mirosurilor, a atingerilor sau a gusturilor.

„Dacă L. I. îmi strînge mîna, dîndu-mi bună ziua, eu îi recunosc întotdeauna starea fizică. De asemenea, observ întotdeauna cînd este indispusă sau nemulțumită de ceva. Simt acest lucru după mișcarea degetelor ei, după starea de încordare a mîinii ei, precum și după tremurat" [1].

„Odată am examinat statuia lui Hercule. Era înfățișat stînd în picioare. Mi-au trecut fiori prin spate cînd am simțit mușchii uriași ai acestui luptător mitic. L-am văzut viu, în imaginație, cu mușchii lui uriași, puternici și elastici, cu agilitatea lui neobișnuită de luptător" [2].

Iată acum și în ce fel este ajutată Olga Skorohodova de simțul vibrator.

„Cînd merg pe stradă, simt, după zguduirea caldarîmului, dacă trec automobile, tramvaie, autobuze...

...Tot astfel (prin zguduirea dușumelii) îi recunosc fără greș, pe unii colaboratori, după pași" [3].

„...Cred că printre cei care văd, nu se vor găsi mulți care să creadă că un orb-surd poate „asculta" cîntul

---

[1]) O. Skorohodova, Cum percep lumea exterioară, Editura de Stat, 1950, pag. 26 (n. red.).

[2]) Ibidem, pag. 33 (n. red.).

[3]) Ibidem, pag. 98 (n. red.).

și muzica. Și totuși, un orb-surd simte foarte bine sunetul vocii și muzica pe un instrument muzical și poate să aibă o mare plăcere din asta. Desigur, un orb-surd nu „ascultă" cu urechile, ci cu mîinile. Îmi place foarte mult să-mi pun mîinile pe un pian sau pe un alt instrument în timp ce se cîntă la el. De asemenea îmi place să țin mîna la gîtul cuiva care cîntă sau îmi vorbește" [1].

Iată, deci, ce variată întrebuințare în cunoașterea lumii externe a căpătat la această infirmă sensibilitatea tactilă și, în special, simțul vibrațiilor înlocuind într-o anumită măsură văzul și auzul.

Datorită pielei noi percepem și o altă categorie de fenomene: temperatura aerului, temperatura diferitelor obiecte întîlnite.

Pentru buna funcționare a organismului nostru este necesar ca temperatura corpului să se mențină la un nivel relativ constant — în jurul temperaturii de 37°. Dacă temperatura crește sau scade mult, apar tulburări mai mult sau mai puțin grave, iar răcirea corpului pînă la 32°—33° sau încălzirea lui peste 42°—43° produc moartea.

Omul face parte astfel din categoria animalelor homeoterme, din care fac parte păsările și celelalte mamifere — animale cu temperatura corpului relativ constantă.

Poikiloterme se numesc animalele al căror corp urmează schimbările de temperatură din mediul înconjurător. În această situație sînt toate nevertebratele și vertebratele, cu excepția păsărilor și mamiferelor.

În vorbirea obișnuită, primelor li se spune „cu sînge cald", iar celorlalte animale „cu sînge rece". Acești termeni nu sînt potriviți, pentru că animalele din categoria poikiloterme pot ajunge (deci și sîngele lor), într-o zi de vară foarte călduroasă, la o temperatură mai mare decît a animalelor așa-numite „cu sînge cald".

---

[1] Ibidem, pag. 101 (n. red.).

Faptul că animalele superioare au mecanisme prin care se asigură temperatura relativ constantă a corpului lor, reprezintă un cîştig important, obţinut tîrziu, al evoluţiei speciilor de animale.

Dacă înţepăm o broască în timpul iernii, cînd temperatura corpului ei este aproape de zero grade, broasca va face o săritură de cel mult 10—15 cm. Dacă, însă, o înţepăm într-o zi de vară, cînd temperatura corpului ei ajunge la 25°—26°, săritura va fi mult mai lungă, ajungînd chiar la un metru. Temperatura foarte scăzută a corpului aproape amorţeşte aceste animale şi le împiedică de la mişcări energice.

Aceasta înseamnă că proprietatea pe care o are corpul animalelor superioare, de a-şi menţine constantă temperatura, dă acestor animale posibilitatea de a nu depinde nemijlocit, în mişcările lor, în comportarea lor, de fiecare schimbare de temperatură.

Marele savant francez, Claude Bernard, spunea: „Constanţa mediului intern reprezintă condiţia vieţii libere a organismului".

Procesul acesta prin care se asigură constanţa relativă a temperaturii organismului poartă numele de termoreglare.

În orice organism au loc o serie întreagă de procese, de transformări de substanţe, necesare menţinerii vieţii, constituind la un loc metabolismul (din greceşte: metabole = transformare). Metabolismul este însoţit de eliberare de energie şi, în primul rînd, de căldură.

Termoreglarea trebuie să asigure menţinerea temperaturii constante a corpului, echilibrînd procesul de eliberare constantă a căldurii în organism cu influenţele variaţiilor de temperatură din mediul înconjurător asupra organismului.

Cum îşi menţine corpul temperatura relativ constantă?

Dacă este frig şi corpul pierde astfel multă căldură, temperatura se menţine, în primul rînd, prin creşterea metabolismului, adică prin intensificarea producţiei de căldură. Un rol important îl joacă aici activitatea

mușchilor, întrucît mușchii, în timpul activității lor, își ridică metabolismul. Noi cunoaștem lucrul acesta din experiența noastră: cînd ne e frig facem tot felul de mișcări ca să ne încălzim. Tremuratul din cauza frigului nu este decît rezultatul contracției involuntare a mușchilor destinată să ne încălzească.

Afară de aceasta, organismul se apără de frig micșorînd circulația sîngelui din piele. Vasele de sînge se strîng (vaso-constricția) și astfel sîngele gonit în interiorul corpului pierde mai puțină căldură.

De o temperatură ridicată a mediului ambiant ne apărăm, în primul rînd, prin transpirație. Transpirația, evaporîndu-se, ia pentru aceasta din căldura corpului (căldura de evaporare), scăzîndu-i temperatura.

Iată, deci, o serie întreagă de mecanisme prin care corpul nostru își asigură menținerea unei temperaturi constante, cu toate marile variații de temperatură din mediul înconjurător. Un centru situat în creierul intermediar conduce toate aceste procese. Pentru aceasta însă, centrul acesta trebuie să capete necontenit informații foarte precise din interiorul și de la suprafața corpului.

Cum lucrează acest centru?

Cercetările au arătat că centrul acesta este influențat direct de temperatura corpului. Astfel, un cercetător a introdus în creierul unui iepure niște tuburi prin care circula apă. Dacă temperatura apei era mai ridicată cu 2°—3° decît temperatura corpului, ceea ce determina o încălzire a centrului nervos, centrul acesta trimitea în corp ordine de răcire generală a corpului (prin mijloacele descrise mai sus).

Dacă, însă, se trimitea în tuburi apă rece — cu 5°—6° mai rece decît temperatura corpului — centrul nervos se răcea și, înșelat astfel asupra temperaturii adevărate a corpului, trimitea ordine urgente de ridicare a temperaturii.

Așadar, există o cale directă, un fel de dispozitiv automat, prin care corpul își intensifică sau coboară producerea de căldură și răcirea, astfel încît, cu toate

variațiile intervenite în temperatura mediului ambiant, temperatura sa să rămînă constantă.

Dar acest procedeu nu este destul de bun, pentru că nu e destul de prompt. Și iată de ce.

Să presupunem că într-o dimineață însorită de toamnă, văzînd prin geam că vremea e frumoasă, am hotărît să plecăm fără a ne lua o haină mai groasă. În realitate, însă, vremea era foarte rece. Dacă organismul s-ar fi bizuit numai pe mecanismul de reglare automată, ar fi trebuit ca întregul corp să-și coboare întîi temperatura, să se răcească, iar temperatura scăzută a corpului să influențeze centrul termoreglării. Această răcire ar fi putut fi foarte dăunătoare.

Organismul dispune, însă, și de alte procedee mult mai prompte și mai fine de reglare a temperaturii sale.

Pielea nu este numai organul receptor al pipăitului, adică al apăsărilor și atingerilor. Ea este și organul receptor al temperaturii. De aceea, în vorbirea obișnuită, oamenii nici nu vorbesc decît despre cinci simțuri: pipăitul, gustul, mirosul, auzul și văzul, uitînd de senzațiile care ne informează despre starea corpului sau a organelor interne și neținînd seama de faptul că, în realitate, ceea ce se denumește simțul pipăitului cuprinde mai multe simțuri.

Avînd posibilitatea să simtă temperatura mediului ambiant cu suprafața corpului, cu pielea, organismul animalelor superioare și al omului își poate lua din vreme măsurile de apărare împotriva frigului excesiv sau a căldurii excesive.

Știrile aduse de la suprafața corpului, pe calea nervilor, în privința temperaturii mediului, vor determina apariția unor ordine prompte din partea centrului termoreglării, de schimbare a metabolismului, de transpirație, vaso-constricție sau vaso-dilatație.

Astfel, organismul se adaptează temperaturii mediului ambiant, luîndu-și măsurile de preîntîmpinare a efectelor frigului excesiv sau a căldurii excesive, înainte ca temperatura de afară să fi apucat să modifice temperatura corpului însuși.

Această cale este o cale reflexă de reglare, întrucît reprezintă răspunsul organismului la un excitant extern — temperatura — răspuns asigurat de sistemul nervos.

Iată, însă, că şi scoarţa cerebrală va lua parte la tot acest proces. Mesajul nervos, urcînd pînă la scoarţa cerebrală, face să intre în joc reflectarea subiectivă a stării de temperatură, face să apară senzaţia de temperatură.

Dacă intrăm în apa rece a mării, temperatura scăzută va face să apară şirul de reacţii de adaptare a corpului. Noi nu simţim, însă, nici că vasele de sînge se contractă, nici că metabolismul ficatului creşte etc. Toate acestea au loc fără ştirea noastră.

Dar ceva simţim: simţim răceala apei. Excitaţia, mesajul acesta despre faptul că ne aflăm într-un mediu cu o temperatură mult mai coborîtă decît a corpului, nu se opreşte la etajul reglării automate a temperaturii. Ea urcă mai sus, la scoarţa cerebrală, la forul în care mesajul nervos devine ştire propriu-zisă, devine senzaţie.

Şi astfel, în apa mării noi nu vom simţi numai atingerea, nu vom avea numai senzaţii tactile, vom simţi şi răceala, vom avea şi senzaţii de temperatură.

Ce rol joacă senzaţiile de temperatură? De ce este necesar ca în afara acestei reglări reflexe, automate a temperaturii corpului, să intervină şi etapa reflectării subiective, sub forma senzaţiei?

Faptul acesta are o importanţă excepţională. Animalul şi omul simţind frigul excesiv, sau căldura excesivă, vor căuta să se apere: animalul îşi caută un adăpost, iar omul, în afară de folosirea locuinţei, îşi va apăra corpul cu ajutorul hainelor.

Faptul de a intra în casă, de a-ţi pune o haină mai groasă sau mai subţire, de a face focul, reprezintă tot atîtea acţiuni mai mult sau mai puţin complexe, care nu se pot realiza prin mişcări oarbe, automate, ci prin acţiuni care cer adaptarea la împrejurări variate.

Aici, în cazul senzaţiilor de temperatură, găsim un exemplu grăitor în privinţa minunatei activităţi a scoarţei cerebrale.

Scoarţa cerebrală lucrează, după cum am văzut, după principiul semnalizării, al conexiunilor temporare. Cînd excitaţia ajunge la un etaj nervos inferior, ea duce la declanşarea automată a unui răspuns sub forma reflexului necondiţionat. Cînd excitaţia ajunge într-un punct al scoarţei cerebrale, ea nu determină nemijlocit un răspuns. Răspunsul va fi dat potrivit cu ansamblul datelor primite în momentul respectiv despre lumea din afară, despre starea organismului şi potrivit cu întregul sistem de legături formate în scoarţa cerebrală, potrivit cu experienţa anterioară a omului.

Pentru ca animalul să-şi aleagă un adăpost, sau să caute să pătrundă într-un adăpost folosit şi cu alt prilej, este necesar ca mesajul acesta nervos, declanşat de starea de temperatură a mediului ambiant, să nu ducă nemijlocit la acţiune, ci să facă un popas şi, intrînd în legătură cu alte date de acelaşi fel, să ducă la elaborarea celei mai potrivite acţiuni. Acest popas, acest moment de preluare a mesajului nervos de către scoarţa cerebrală — forul suprem de confruntare a mesajelor şi de elaborare a hotărîrilor — am văzut că este tocmai momentul *senzaţiei*.

Nu toate schimbările de temperatură care duc la modificări în organismul nostru (vaso-constricţie, vasodilataţie etc.) apar şi subiectiv, sub forma senzaţiilor.

Simţul nostru termic este destul de puţin delicat. Ne dăm seama de deosebiri de o jumătate de grad atunci cînd e vorba de temperaturi apropiate de temperatura corpului nostru (a pielii): 28°—31°. Dar această capacitate de diferenţiere scade mult pentru temperaturi mai joase sau mai înalte. Nu deosebim apa caldă de 45° de apa caldă de 47°. Abia diferenţe de 3°—4° sînt percepute la această temperatură. La fel, cînd e vorba de temperaturi scăzute. În jurul temperaturii de zece grade abia percepem diferenţe de 2°. Simţul

termic rămîne, totuși, un grănicer de nădejde care ferește corpul nostru de neajunsuri grave. Termometrul, transformînd schimbările de temperatură în schimbări de volum (contractări sau dilatări) se adresează văzului și asigură astfel omului posibilitatea de a cunoaște cu mai multă precizie temperatura mediului ambiant.

Niciun aparat, nicio mașină nu pot depăși, în funcționarea lor, anumite limite. Depășirea acestor limite devine primejdioasă pentru mașină și pentru omul care lucrează cu ea. Cazanul mașinii cu aburi este făcut să suporte o anumită presiune. Dincolo de această limită cazanul explodează. Mecanicul poate citi pe manometru presiunea existentă în fiecare moment în cazan, avînd astfel posibilitatea ca, la nevoie, să micșoreze sau să mărească presiunea.

Dacă, însă, mecanicul nu este la un moment dat atent și presiunea riscă să depășească limita, intră în funcție, automat, supapa de siguranță și apoi sirena care dă alarma.

Organismul nostru este și el prevăzut cu asemenea instrumente de alarmă, care-l mobilizează și-l determină să se apere atunci cînd știrile obișnuite nu-l fac să fie destul de precaut.

Acțiunea de intensitate mijlocie a excitanților asupra organismului nostru — presiune, lumină, temperatură etc. — duce la apariția senzațiilor, a informațiilor despre acești excitanți.

Dar acțiunea acelorași excitanți, ajungînd la intensități mari, pune în pericol organele de simț și organismul întreg.

Înainte însă ca stricăciunea să se fi produs, sirena de alarmă intră în acțiune: durerea!

Nu vom vorbi aici despre sentimentul de durere — așa-numita durere morală — cauzată de o împrejurare grea din viață.

Ne vom referi numai la senzația de durere, așanumita, cu un termen nepotrivit, durere fizică.

Ocupă durerea vreun loc în cunoașterea realității, în reflectarea realității, sau ea nu exprimă decît o stare proprie a organismului nostru, fără indicații în privința excitantului care o provoacă?

Se înțelege că între durerea de ochi provocată de o lumină prea puternică și vederea unui obiect oarecare e o deosebire. Tot așa e mare deosebire între durerea provocată de o piatră care ți-a căzut pe degete și perceperea formei pietrei cu ajutorul degetelor. E o mare deosebire în ceea ce privește bogăția de indicații despre obiectul care a cauzat senzația.

Cu toate acestea, și durerea cuprinde anumite indicații obiective. E vorba, în primul rînd, de locul unde acționează excitantul care provoacă durerea. O asemenea indicație este esențială. Dacă am simți pur și simplu o durere nelocalizată, semnalul de alarmă ar fi foarte puțin folositor — cauza durerii și deci acțiunea dăunătoare n-ar putea fi îndepărtate. Locul este, deci, o indicație obiectivă pe care senzația dureroasă o cuprinde. În ceea ce privește durerile interne, această localizare nu e întotdeauna demnă de încredere. Așa, de pildă, durerile de picioare, de șale pot fi provocate de presiuni exercitate de vertebre asupra unui nerv — nervul sciatic. Locul dureros n-are în realitate nimic de-a face, în acest caz, cu cauza reală a durerii.

Dar nu numai indicații asupra locului conține durerea. Putem vorbi de adevărate categorii de senzații de durere: înțepătura, strivirea, arsura etc. Aceste feluri de dureri nu se confundă și ne dau oarecari informații privitoare la cauza durerii: un obiect ascuțit, o presiune foarte mare, o temperatură prea ridicată.

În sfîrșit, senzațiile de durere deosebindu-se, de asemenea, prin intensitatea lor, cuprind indicații și în privința intensității excitantului: o lovitură puternică sau mai ușoară, o înțepătură mai adîncă sau mai de suprafață. Afară de aceasta, vorbim adeseori despre

dureri surde, parcă mai profunde, mai puțin localizate, și de dureri vii, ascuțite, cum ar fi o durere de dinți.

Aceste indicații rezultînd din intensitatea durerii sînt adeseori înșelătoare. O durere vie poate semnala o stricăciune fără importanță mare, după cum o durere slabă, înăbușită, poate întovărăși o tulburare gravă.

Și iată că întîlnim acum problema pusă în capitolul precedent: cum poate pielea, ca organ receptor, să transmită creierului toată această diversitate de mesaje, cînd mijlocul de transmitere se reduce la influxul nervos, adică la un unic tip de activitate de care e capabilă fiecare fibră nervoasă?

Dacă ating cu vîrful degetului o sobă încinsă, voi avea senzația de fierbinte. Dacă ating, cu aceeași mică porțiune de piele, o bucată de gheață, voi simți răceala gheții. Dar cu vîrful degetului simt și asprimea sau netezimea unui obiect, înțepătura unui vîrf ascuțit, tăișul dureros al unei lame.

Cum poate aceeași porțiune de piele să transmită mesaje calitativ diferite cu ajutorul unor fibre care, fiecare, nu pot duce decît un singur fel de mesaj?

Explicația este că mica porțiune de piele care formează vîrful degetului nu este un receptor unic, nici o asociație de receptori de același fel, ci o asociație de receptori diferiți. Chiar porțiuni de piele foarte mici, să zicem de un mm^2, cuprind echipe formate din receptori diferiți, adică din celule senzoriale de diferite tipuri care culeg și trimit spre creier, pe căi diferite, diferite informații primite.

Mesajele de atingere, de cald, de rece, de durere pornesc din piele, călătoresc prin nervi și ajung la creier pe căi deosebite!

De unde știm acest lucru?

Dacă închid ochii, nu mai văd nimic. În schimb, aud foarte bine. Dacă îmi astup urechile, nu mai aud. Acest lucru, însă, nu are nici o influență asupra vederii.

Dacă vreau să mă feresc de un miros greu, îmi astup nările. Acest lucru nu mă împiedică să văd și să aud cele ce se petrec.

E posibil, oare, să am o senzație dureroasă fără să am în același timp o senzație de tact? E posibil ca, atingînd pielea cu un obiect rece, să simt sau numai răceala sau numai atingerea? Sau, în sfîrșit, e posibil ca în anumite împrejurări omul să nu fie în stare să simtă frigul, dar să simtă căldura, să simtă atingerea acului care înțeapă, dar să nu simtă durerea etc., așa cum foarte ușor putem face să auzim fără să vedem, să vedem fără să auzim etc.?

Cu alte cuvinte: pot fi aceste simțuri disociate, despărțite în funcționarea lor?

Pentru ca acest lucru să fie posibil, ar trebui ca, în primul rînd, să găsim în însăși structura pielii organe receptoare diferite.

Oamenii de știință au încercat să dea peste aceste organe speciale plimbînd pe suprafața pielii vîrfurile unor ace fine, atît de fine încît să nu atingă decît cîte un singur aparat.

Și concluzia a fost că, într-adevăr, există în piele puncte care, dacă sînt atinse, nu dau decît o senzație de rece (chiar dacă sînt atinse cu un ac încins), altele care nu dau decît o senzație de cald, altele care nu dau decît o senzație de tact și în sfîrșit — lucrul acesta pare cel mai curios — altele care nu dau decît o senzație dureroasă.

Cu alte cuvinte, nu simt temperatura cu orice punct al pielii, nu simt atingerea cu orice punct al pielii, nu simt nici chiar durerea cu orice punct al pielii. Pielea se prezintă ca un fel de asociație, un fel de combinat reunind mai multe organe de simț diferite. Cum se face, însă, că noi simțim în același timp și atingerea, și temperatura și, dacă e cazul, durerea? Pentru motivul foarte simplu că aceste puncte specializate sînt atît de fine și atît de apropiate, încît, cu mijloace obișnuite, nu pot fi atinse separat, ci numai în grup.

Unii cercetători afirmă că au izbutit să calculeze numărul acestor puncte pe suprafaţa corpului: patru milioane de puncte de durere, un milion de puncte de atingere, cinci sute de mii puncte de frig şi numai treizeci de mii puncte de cald. Cititorul e liber să se îndoiască de exactitatea acestor cifre (aşa cum, de altfel, face şi autorul acestei lucrări). Este însă sigur că cele mai numeroase sînt punctele de durere, urmînd apoi la rînd cele de atingere, de frig şi de cald.

S-au găsit cercetători care, după o muncă migăloasă, au izbutit să confecţioneze adevărate hărţi ale pielii, hărţi indicînd răspîndirea acestor puncte.

Dar, vai! încercînd să-şi verifice harta, după cîtva timp, cercetătorii şi-au dat seama că harta lor nu mai corespunde întru totul. Au apărut puncte noi, în timp ce altele au dispărut. Şi astfel s-a ajuns la părerea că, ori cît de fine ar fi mijloacele pe care le-am întrebuinţa, nu putem fi siguri că am izbutit să atingem cu totul separat unul din aceste puncte microscopice.

Mai curînd ar trebui să ne închipuim că punctele „pure" de atingere, rece, cald şi durere se găsesc amestecate în piele, dar că acest amestec nu e perfect. Ceea ce apare, de pildă, ca un punct de rece este de fapt o micuţă zonă în care adevăratele puncte de rece au doar o concentrare mai mare decît celelalte.

Dovada cea mai puternică, însă, asupra faptului că aceste patru categorii de senzaţii apar prin activitatea unor aparate diferite, ne-o dă natura însăşi: în anumite împrejurări aceste simţuri, care în mod obişnuit apar contopite, se disociază, se separă.

Ce stranie impresie trebuie să fie aceea de a nu mai simţi răceala, ci numai căldura, sau nici una nici alta, ci numai atingerea!

Aşa se petrec lucrurile cu oamenii care suferă de syringomielie, o boală a măduvei spinării. Boala începe în substanţa cenuşie din măduvă şi înaintează treptat, dinăuntru în afară, cuprinzînd mereu alte mănunchiuri de fibre ale măduvei spinării.

La un moment dat, bolnavul nu mai simte durerea. Îl înțepi, îl ciupești și el nu mai simte decît atingerea, apăsarea, fără să sufere de loc.

Dar omul n-are timp să se bucure că are cel puțin avantajul de a fi scăpat de suferințe. Într-o bună zi se pomenește că pe orice pune mîna: o sobă încinsă sau o bucată de gheață, totul se reduce la o simplă impresie de atingere, sărăcită de orice altă senzație. Pînă la urmă nenorocitul nu mai simte nimic. Dinspre piele nici o veste nu mai sosește.

Dispariția, rînd pe rînd, a acestor senzații se constată și cînd se întrebuințează, ca anestezic, cocaina.

Dacă această substanță este așezată în jurul nervului care duce excitațiile de la piele, atunci cocaina va cuprinde treptat diferitele mănunchiuri de fibre ale nervului.

Aici se vede că simțul termic se descompune în cele două jumătăți ale sale: dispar întîi senzațiile de rece și apoi cele de cald. Ca și la syringomielie, senzațiile de atingere se dovedesc cele mai trainice: în această luptă ele cedează ultimele.

Mai puțin clare sînt lucrurile în ceea ce privește durerea. Unii afirmă că durerea este cea care dispare prima la acțiunea cocainei. Alții afirmă că durerea mai persistă, cînd senzațiile de temperatură au dispărut. E posibil ca aceste rezultate să fie influențate de felul în care se face experiența.

Mai interesantă însa este următoarea părere: putem vorbi de o durere vie, ascuțită și de o durere surdă, înăbușită. E posibil ca și aceste două feluri de dureri să-și aibă căile lor separate și astfel să dispară pe rînd, atunci cînd aceste căi sînt blocate. Ceea ce ar dispare întîi prin acțiunea cocainei ar fi durerea vie, urmînd apoi recele, caldul, durerea surdă și la urmă atingerea.

Oricum, faptul este indiscutabil: cocaina izbutește să desfacă acest simț al pipăitului în componentele sale.

Și, în sfîrșit, a treia probă:

Toată lumea știe ce este un aparat de tensiune. Dacă se înconjoară brațul cu manșonul aparatului

de tensiune și se insuflă aer, manșonul strînge din ce în ce mai mult brațul. Sîngele va fi împiedicat să circule și astfel, dincolo de această strînsoare, nervii nu-și vor mai primi porția de oxigen pe care, cu regularitate, le-o aduce sîngele. Nervii se asfixiază și nu-și mai pot îndeplini misiunea. Și în acest caz, disocierea are loc. De astă dată dispar mai întîi senzațiile de atingere (invers decît la cocainizare). Apropiind un obiect rece de mîna omului, omul simte răceala, dar nu mai simte atingerea propriu zisă. Rînd pe rînd, dispar apoi senzațiile de răceală, de căldură și de durere. La asfixia nervului, durerea este cea care cedează ultima.

Dacă vrem să dovedim că un lichid e constituit de fapt dintr-un amestec de mai multe lichide și dacă vrem să aflăm care sînt acestea, trebuie să desfacem amestecul, să separăm componentele. Cum, de obicei, lichidele au puncte de fierbere deosebite, distilarea e cel mai bun mijloc de a le separa, determinînd astfel compoziția lichidului. Amestecul încălzit, ridicîndu-și mereu temperatura, va lăsa să plece rînd pe rînd fiecare lichid, în clipa în care temperatura punctului său de fierbere a sosit.

Tot așa se întîmplă lucrurile și în cazul syringomieliei, al cocainizării și al asfixiei. Pentru cercetător acestea sînt procedee de a desface, de a despărți din funcționarea lor unitară, cele patru simțuri, făcîndu-le să-și întrerupă acțiunea rînd pe rînd. Astfel se dovedește că aceste simțuri își au în piele posturile lor receptoare deosebite și că mesajul nervos al fiecărui simț este trimis la creier pe căi care, de asemenea, rămîn despărțite.

Căile acestea sînt și ele, în linii mari, cunoscute, dar sînt prea complicate pentru a le putea descrie aici. Vom reține doar unele aspecte generale.

Fibrele nervoase care duc mesajele pielii corpului nu sînt decît prelungirile unor celule așezate în apropierea măduvei spinării, în așa numiții ganglioni

spinali. Celulele din ganglionii spinali preiau aceste mesaje și le trimit în interiorul măduvei. Aici, căile diferitelor feluri de sensibilitate se despart.

Fibrele sensibilității dureroase și ale temperaturii găsesc în măduvă al doilea eșalon de neuroni, care preia aceste mesaje. Axonii acestor neuroni traversează măduva, trecînd în partea opusă, apoi urcă și merg neîntrerupt pînă la talamus.

Fibrele sensibilității tactile (atingere, presiune) și ale sensibilității musculare provenite de la celulele ganglionilor spinali nu se termină în măduvă. Pătrunzînd în măduvă, urcă mergînd neîntrerupt pînă la bulb. Aici mesajele tactile și cele provenite de la mușchi sînt preluate de al doilea eșalon de neuroni. Axonii acestor neuroni trec de partea opusă, cei din dreapta în stînga și invers, încrucișîndu-se. Apoi urcă neîntrerupt pînă la talamus.

În talamus se găsește al treilea eșalon de neuroni al tuturor acestor forme de sensibilitate, care preluînd mesajele le trimite la scoarța cerebrală.

La rîndul ei, scoarța cerebrală are rezervată o anumită regiune, înapoia scizurii lui Rolando, în lobul parietal, unde aceste mesaje sînt recepționate.

Din cauză că toate căile se încrucișează, o parte în măduvă (durere și temperatură) și o parte în bulb (atingere și excitații provenite de la mușchi), emisferul stîng al creierului va primi mesajele părții drepte a corpului, iar emisferul drept va primi mesajele părții stîngi a corpului.

Cercetătorii au izbutit să stabilească chiar o hartă a teritoriilor din scoarța cerebrală unde se proiectează diferitele puncte ale suprafeței corpului. Fiecărui punct al pielii îi corespunde un anumit punct al scoarței cerebrale care primește mesajul transmis de acesta.

Imaginați-vă că vă aflați în fața unui tablou de comutatori, cu ajutorul cărora se pot aprinde nenumăratele becuri ale unei săli de spectacol. Dacă nu știți despre fiecare comutator ce parte a sălii deservește, nu aveți decît să încercați. Intorcînd un comu-

tator se va aprinde lumina pe scenă. Un alt comutator aprinde lumina în fundul sălii și așa mai departe.

Așa au procedat și cercetătorii pentru a găsi punctele din scoarța cerebrală la care sosesc mesajele din diferite părți ale corpului. Numai că în cazul sistemului nervos lucrurile sînt mult mai greu de realizat.

Pe scoarța creierului nu se aprind becuri. În schimb, cu aparate foarte sensibile se poate înregistra apariția influxului nervos în diferitele sale puncte. Atingînd, înțepînd, apăsînd diferite puncte ale pielii, experimentatorii înregistrau în momentul respectiv apariția influxului nervos în diferite puncte ale scoarței cerebrale, punctele în care, în clipa respectivă, se năștea senzația, simțirea atingerii, apăsării, înțepării.

Dar dacă n-am mai apela la serviciile îndepărtaților receptori și ale căilor de transmisie? Dacă am excita direct centrala?

Și oamenii au încercat. Pe creierul dezgolit al unor bolnavi aflați sub operație, a fost aplicat, în diferite puncte, curentul electric. Iar persoanele raportau: simt o furnicătură în mînă, parcă mi-amorțește piciorul...

Experimentînd cu maimuțe s-a folosit ca excitant al creierului stricnina. În clipa în care un punct al regiunii respective a scoarței era atins cu stricnină, maimuța începea să se scarpine, să se muște în diferite locuri ale corpului, ca și cînd ar fi simțit o mîncărime sau ar fi fost gîdilată în aceste locuri.

În felul acesta s-a putut stabili, cu destulă precizie, unde sînt proiectate pe scoarța cerebrală diferite puncte ale suprafeței corpului.

Ce e pielea? Un fel de pojghiță subțire care învelește tot organismul, așa cum e învelit mărul în coaja lui lucioasă. Dar numai atît?

Cîte nu se găsesc în stratul acesta subțire, pe care nu-l bagi în seamă decît atunci cînd e zgîriat sau rănit! E vorba în primul rînd de două pături: epiderma și derma, cu alcătuire diferită. Derma, pătura dinăuntru,

cuprinde vase de sînge și fibre nervoase. Fibrele nervoase urcă pînă la stratul epidermei, stratul din afară. Dar numai atît? În grosimea pielii se găsesc glandele sebacee care fabrică o substanță grasă, glandele sudoripare (ale transpirației), rădăcinile firelor de păr etc.

Dar afară de toate acestea, tot în pojghița aceasta subțire, găsim încrustate și micile aparate care, presărate peste tot, vor prelua veștile ce sosesc din lumea din afară, sub forma atingerilor, înțepăturilor, mîngîierilor, ciupiturilor, încălzirilor, răcirilor...

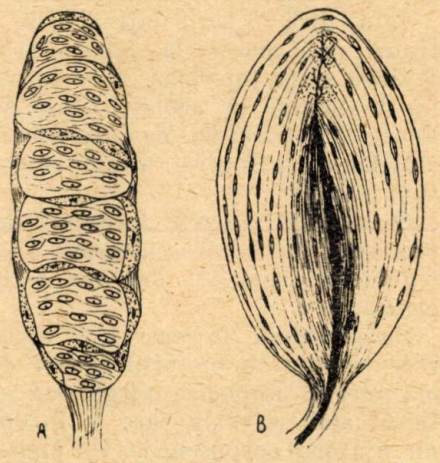
Cum e alcătuit un astfel de aparat?

Poate n-ar fi așa de greu de povestit, dacă ar fi vorba despre un singur fel de aparate. Dar se găsesc atîtea tipuri!

Iată, acești micuți corpusculi, ca niște măciulii — corpusculii lui Krause. Microscopul dezvăluie fibra nervoasă, cu rămurelele ei, ascunsă în această capsulă. Cît e de mare? Punctul acesta de sensibilitate care, asociat cu numeroși frați ai săi, îți permite să cunoști prin atingere anumite proprietăți ale lucrurilor, n-are mai mult de a treizecea parte dintr-un milimetru.

Corpusculii lui Meissner sînt mai mari: o zecime de milimetru. În această capsulă, fibra nervoasă se strecoară pe margine, trimițîndu-și în interior numai rămurele, prinse, turtite între niște celule de susținere.

Corpusculul lui Pacini e un adevărat uriaș: poate atinge 3 — 4 mm lungime. Parcă ar fi o verzișoară, cu



20. Corpusculi tactili: A — corpusculul lui Meissner. B — corpusculul lui Pacini.

multele foi din care e alcătuit. Fibra nervoasă pătrunde direct în miezul acestei verzișoare și se termină printr-un buton umflat.

Atingeți un fir de păr de pe mînă: veți avea o senzație ușoară de atingere, ca și cînd însăși pielea ar fi fost atinsă. Se transmite impresia prin firul de păr? Nicidecum. Dacă firul de păr ar simți, am suferi la frizer niște chinuri îngrozitoare. În realitate, firul de păr e numai un fel de pîrghie: fiind atins, apasă asupra coșulețului împletit din firișoare nervoase, în care se găsește implîntată rădăcina sa.

Se mai găsesc și alte tipuri de aparate asupra cărora nu ne vom mai opri acum. Toate au însă ceva comun în construcția lor: fibra nervoasă e ascunsă într-o capsulă, de aceea poartă denumirea de formațiuni incapsulate.

Afară de toate acestea, microscopul mai dezvăluie existența în toate regiunile pielii a nenumărate firișoare nervoase, a nenumărate rămurele prin care se termină fibrele nervoase și pe care nici un fel de cutioare, nici un fel de capsule nu le cuprind. Ele formează categoria terminațiilor nervoase libere.

Iată, deci, o serie întreagă de aparate, de diferite tipuri, care servesc la elaborarea senzațiilor cutanate. E firesc să ne întrebăm: oare deosebirea de construcție nu înseamnă în același timp deosebire de roluri? Poate că aparatele de un anumit tip servesc senzațiilor de atingere, altele senzațiilor de temperatură etc.

S-au făcut diferite încercări de a stabili legături precise între fiecare categorie de senzații și anumite tipuri de aparate, dar nu s-au obținut rezultate sigure.

Se consideră, în general, că apăsarea, atingerea sînt recepționate cu ajutorul firelor de păr ale pielii, ce acționează asemenea pîrghiilor asupra ghemului de terminații nervoase care le înconjoară rădăcinile, și cu ajutorul corpusculilor lui Meissner așezați în straturile mai adînci ale pielii.

Receptorii de temperatură par să fie corpusculii lui Krause (pentru rece) și terminațiile în formă de ciorchine ale lui Ruffini.

În ceea ce privește durerea, ea e recepționată de terminațiile nervoase libere, răspîndite în piele, terminații care n-ajung la nici un fel de celule senzoriale. Lucrurile nu sînt, însă, chiar atît de simple.

Învelișul exterior al ochiului, corneea, cuprinde numai terminații nervoase libere. Prin atingerea corneei căpătăm, în primul rînd, senzații de durere, ceea ce înseamnă că într-adevăr durerea apare cînd se excită terminațiile nervoase libere.

Dar corneea ne dă și impresii de presiune. Ceea ce înseamnă că uneori terminațiile nervoase libere pot juca și rolul unor receptori de presiune, asemenea corpusculilor lui Meissner.

Să socotim atunci că durerea, presiunea și poate și celelalte senzații provenite de la piele folosesc aceleași fibre în călătoria de la periferie la creier? Nu, pentru simplul motiv că lucrurile s-ar încurca definitiv. N-am izbuti să explicăm cum își păstrează aceste mesaje specificitatea folosind niște fibre incapabile decît de un singur tip de răspuns.

Mai simplu este să admitem că terminațiile nervoase libere, care percep presiunea, aparțin unor fibre de tip diferit decît cele prin care se percepe durerea. Receptorii pot să semene, dar căile de transport sînt diferite și, ceea ce este esențial, duc mesajele în puncte diferite ale scoarței cerebrale.

În sprijinul acestei explicații vine faptul că, așa cum au dovedit cercetările din ultimii ani, fibrele nervoase, care deservesc cele patru categorii de sensibilitate, se deosebesc printr-o serie de însușiri ale lor.

Fibrele nervoase se deosebesc, așa cum am arătat, nu numai prin grosimea lor, ci și prin faptul dacă sînt sau nu apărate de învelișul de mielină, prin viteza cu care conduc influxul nervos, prin amplitudinea cu care se propagă influxul, prin sensibilitatea fibrei.

Cercetătorii au putut stabili anumite categorii de fibre ținînd seama de aceste caracteristici.

Fibrele de tipul A sînt mai groase, sînt învelite într-un strat mai gros de mielină, conduc influxul nervos cu mare rapiditate (90 m pe secundă) și sînt foarte sensibile, cu alte cuvinte un excitant extrem de slab face să apară influxul nervos.

Toate acestea înseamnă că o astfel de fibră este foarte harnică în transportarea știrilor. Ea este asemenea unui curier care e iute de picior și în cel mai scurt timp face să ajungă la destinație știrea transmisă.

Alte fibre — tipul B — se dovedesc mai puțin expeditive în îndeplinirea misiunii lor. Mai subțiri, conducînd influxul nervos cu o viteză mai mică (15—40 m pe secundă) și cu o sensibilitate mijlocie, aceste fibre pot fi comparate cu un curier căruia trebuie să-i vorbești mai tare și mai deslușit, ca să te priceapă și care pe drum aleargă mai încet, zăbovind pe ici pe colo.

În sfîrșit, fibrele de tipul C, mai subțirele, mai plăpînde, fără înveliș, care răspund mai greoi stimulărilor (au sensibilitate mică) și care transportă încet veștile (influxul nervos străbate circa 0,5 m — 15 m pe secundă).

De la posturile cele mai avansate situate la granițele corpului — de la receptorii pielii — veștile vor alerga spre comandamente, spre centrii nervoși, cu viteze diferite. Dar ce e mai important este faptul că aceste aparate de primire și transmitere a veștilor sînt astfel construite, încît nu intră toate odată în acțiune. Unele aparate, foarte sensibile, trimit semnale de îndată ce apare ceva pe linia de graniță, altele răspund numai cînd e vorba de un fapt mai important, în timp ce altele nu intră în acțiune decît tîrziu, dînd alarma atunci cînd se dovedește că e vorba de un atac adevărat.

Este vreo legătură între aceste categorii de fibre și categoriile de sensibilitate?

Se pare că da.

Fibrele de tipul A sînt cele mai potrivite pentru a transmite informații clare, precise, rapide, adevărate *știri* despre obiectul atins. Influxul nervos alergînd foarte repede, fibra intrînd ușor și repede în acțiune, va putea comunica prompt fiecare schimbare intervenită. Acestea sînt fibrele prin care aleargă veștile despre netezimea, asprimea, forma obiectului. Datorită lor avem senzațiile tactile și senzațiile vibratorii ale pielii.

Să ne imaginăm că ați fost invitat la un prieten mutat într-o locuință nouă. Pe scară e întuneric și încercați să găsiți, pipăind cu mîna pereții, butonul cu care se aprinde lumina. Plimbînd mîna vă dați seama că ați întîlnit zidul, o clanță, un buton de sonerie.

Fiecare punct al pielii este supus, în această plimbare a mîinii, la influențe care se schimbă de sute de ori în cursul unei secunde, sub forma unor apăsări cînd mai intense, cînd mai slabe, cînd mai rapide, cînd mai îndelungate. Dacă fibra care duce veștile de la punctul respectiv ar fi greoaie, înceată, atunci n-ar apuca să sosească o veste la destinație că s-ar și ivi alta și alta. Veștile s-ar încurca și n-am mai avea nici o știre precisă despre înfățișarea obiectului atins.

Finețea simțului nostru tactil este posibilă datorită acestor harnice fibre care, neobosit, transportă vestea fiecărei schimbări intervenite — fibrele A.

Opusul lor, fibrele C, vor intra în acțiune numai în ultima instanță. O atingere slabă sau mijlocie nu le deșteaptă din somnolența lor. Cînd însă pericolul devine iminent, întrucît obiectul acționează puternic, riscînd să ducă la distrugeri, intră în acțiune și fibrele C: omul simte durerea. Intrînd în acțiune numai la influențe puternice, deci primejdioase (au o sensibilitate scăzută) și ducînd la apariția senzației de durere, durerea devine astfel semnalul pericolului.

Se crede că fibrele de tip mijlociu, fibrele B, transportă mesajele căldurii și frigului. Precizia, finețea,

promptitudinea indicațiilor vor fi mai reduse decît în cazul impresiilor tactile.

Lucrurile sînt însă, în realitate, mult mai complicate. Cele arătate de noi trebuie considerate doar ca o schemă generală. Așa, de pildă, s-a stabilit că influxul nervos provocat de o înțepătură merge cu o viteză de 12 metri, iar cel provocat de o arsură cu o viteză de 4—5 metri. In toate cazurile e vorba de senzații de durere. Dar se vede cum fiecare categorie de senzație dureroasă e servită de altfel de fibre.

Se înțelege acum în ce fel a rezolvat natura problema transmiterii mesajelor de la receptor la scoarța cerebrală în cadrul analizatorului pielii. În piele se găsesc răspîndiți receptori specializați pentru fiecare categorie de senzații: atingere, cald, rece, durere. (Poate că specializarea merge și mai departe, cum se pare că se întîmplă în cazul durerii). Receptorul de cald va acționa în special la cald, cel de rece în special la rece etc. Acești receptori se află în legătură cu terminațiile unor fibre nervoase. În momentul în care un receptor a fost excitat de influența pentru care este specializat, el declanșează valuri, valuri de influxuri nervoase în fibra cu care se află în legătură. Din neuron în neuron, influxul nervos ajunge într-un anumit punct în creier, care punct, atunci cînd este excitat, face să apară o anumită senzație și numai pe aceea. Astfel e posibil transportul mesajelor diferite de la receptorii pielii la scoarța cerebrală, deși o fibră răspunde numai într-un singur fel: fiecare categorie de mesaje e deservită de o cale deosebită.

Ce se întîmplă în scoarța cerebrală, în momentul sosirii mesajului nervos de la receptori?

Cînd întorci butonul comutatorului se aprinde becul cu care acesta e în legătură; cînd întorci alt buton, se aprinde alt bec. Întoarcerea butonului închide circuitul și face ca prin filamentul becului să circule curentul electric.

Ne-am putea imagina că și în scoarța cerebrală lucrurile se petrec tot atît de simplu: excitantul (un fascicul de lumină, o atingere etc.) acționează asupra unui receptor al ochiului, al pielii etc. Mesajul nervos pornit de la receptor pune în mișcare anumite celule din scoarța cerebrală — și gata senzația.

Dar nu este așa.

Fenomenele sînt mult mai complicate. Faptul că noi simțim cald, cînd atingem un obiect cald, sau simțim o înțepătură, cînd atingem un obiect ascuțit, depinde într-adevăr de faptul că mesajul nervos pornit de la receptori pune în mișcare anumite celule din scoarța cerebrală.

Dar scoarța cerebrală nu este un organ pasiv, în care veștile sosesc pur și simplu și se adună unele peste altele. Ea n-ar putea fi comparată cu o cutie de scrisori, în care poștașul aruncă din cînd în cînd scrisori, cărți poștale, ilustrate; nici cu un registru de reclamații al unui magazin, în care unii cumpărători își notează observațiile.

Imaginați-vă biroul directorului unei mari întreprinderi, cu ramificații în toată țara. În fața sa sînt instalate mai multe telefoane. Un telefon face legătura cu interiorul întreprinderii, un altul cu orașul, altul servește pentru convorbiri cu provincia etc.

Nu poți vorbi cu directorul, prin simplul fapt că încerci să-l chemi la telefon. Dacă șefului de cabinet i se pare că lucrul nu este esențial, că poate fi rezolvat de un subaltern, el nu va da legătura. Dacă directorul este ocupat, dacă studiază o problemă care cere concentrare sau se află într-o ședință, e posibil ca, de asemenea, convorbirea să fie amînată.

Dar telefonul a sunat. În același timp a sunat și alt telefon. Nu se poate vorbi cu doi oameni în același timp și trebuie hotărît într-o clipă ce trebuie ascultat întîi.

E posibil ca directorul să fie obosit sau să fie preocupat de o chestiune gravă, în momentul în care primește telefonul, iar știrea transmisă să nu fie destul

de atent înregistrată. E posibil ca, dimpotrivă, să fie o știre așteptată cu nerăbdare și directorul să asculte fiecare cuvînt cu extremă atenție.

Dar o știre, odată sosită și recepționată, este pusă imediat în legătură cu altele, verificată, confruntată cu aceasta, luînd parte la întregirea unui tablou de ansamblu. Sensul ei, sensul acestei veşti va rezulta numai dintr-un întreg sistem de date de care dispune directorul în momentul respectiv. „A sosit vagonul!" Dar această veste poate avea mii de înțelesuri diferite și poate determina mii de răspunsuri diferite, în funcție de ansamblul de condiții. Vagonul acesta poate transporta anumite materiale, sau poate transporta oameni. Sosirea sa poate fi dorită sau, dimpotrivă, nedorită. Se poate cere ca materialul să fie descărcat într-un loc sau altul. Se poate cere ca vagonul să plece spre altă destinație etc. Vestea ca atare, adică sensul, însemnătatea comunicării „A sosit vagonul" (ce aduce, pe cine aduce, de unde vine, ce importanță are sosirea lui etc.) nu rezultă doar din cuvintele respective. Ce este această știre, ce spune ea de fapt nu se poate ști, decît ținînd seama de ansamblul de date, de un întreg complex de împrejurări, de legătura acestui fapt cu multe alte fapte.

Cînd mesajul nervos pornește de la receptori spre etajele superioare ale sistemului nervos, el nu trebuie să ajungă neapărat la scoarța cerebrală. Mesajul poate fi îndrumat în altă parte, spre un serviciu inferior, care poate să rezolve prompt problema. Scoarța cerebrală poate fi doar ținută la curent în linii generale, detaliile chestiunii fiind rezolvate de bulb, de creierul mic sau de cel mijlociu, de creierul intermediar, sau printr-o formă de cooperare între aceste etaje.

Dar chiar ajuns la scoarța cerebrală, mesajul nervos poate să nu fie primit. Directorul e ocupat! Scoarța cerebrală e în ședință, are o problemă dificilă de rezolvat și atunci o durere la stomac, o înțepătură, o apăsare pot să nu fie primite ca informații. Ele ar tulbura activitatea principală a scoarței cerebrale,

care are în lucru o problemă grea. În momentul respectiv, preocupaţi, concentraţi, noi nu simţim, nu recepţionăm sub formă de senzaţie durerea, înţepătura, apăsarea. După ce chestiunea a fost rezolvată, iată că durerea în stomac reapare, iată că simţim din nou cum ne strînge pantoful sau ne jenează un cui.

Cum se apără scoarţa cerebrală de avalanşa aceasta de solicitanţi inoportuni?

Ea se serveşte de fenomenul inducţiei negative. În momentul în care sîntem preocupaţi intens de ceva — citim un roman captivant, sîntem pasionaţi de rezolvarea unei probleme etc. — concentrarea activităţii scoarţei cerebrale în direcţia respectivă se traduce prin formarea unei zone puternic excitate — o regiune de excitabilitate optimă. Această zonă concentrează în momentul respectiv energiile creierului, ea joacă rolul dominant.

Existenţa acestei zone — pe care am putea s-o comparăm cu pata de lumină vie proiectată pe un zid întunecat de un reflector puternic — face să se dezvolte inhibiţia în celelalte zone ale scoarţei cerebrale.

În aceste zone blocate de inhibiţie, receptivitatea scade, veştile mai puţin însemnate, care n-au legătură cu activitatea principală, nu sînt luate în seamă şi sînt astfel împiedicate să tulbure concentrarea scoarţei cerebrale înspre rezolvarea problemei principale.

Alteori, o anumită veste este, dimpotrivă, aşteptată. Aştept pe cineva şi ştiu că soneria e defectă. Un zgomot cît de uşor, un scîrţîit, un ciocănit, pe care altfel nu le-aş înregistra de loc, care ar trece altfel nebăgate în seamă, mă fac să tresar, mă fac să mă preocup de ele. Scoarţa mea cerebrală era *pregătită*, mobilizată pentru recepţionarea lor. Această pregătire a constat în faptul că excitabilitatea, receptivitatea, adică fineţea de înregistrare au fost mărite în zona auditivă în momentul respectiv, în aşteptarea evenimentului.

Gîndiţi-vă la un aparat oarecare de măsurat: o balanţă, un ampermetru, un termometru. Un asemenea aparat este cu atît mai sensibil cu cît înregistrează

valori mai mici ale fenomenului ce se măsoară. Dacă așezi pe un cîntar obișnuit o bucățică de hîrtie, cîntarul nu va arăta nimic. Dar există balanțe extrem de sensibile, care înregistrează și greutatea unui punct făcut pe hîrtie cu vîrful creionului! Un ampermetru obișnuit înregistrează variații de o zecime de amper, în timp ce un galvanometru de mare precizie trebuie să arate a miliarda parte dintr-un amper! Dar la aceste aparate finețea de înregistrare este constantă pentru fiecare aparat, ea depinde de construcția aparatului.

Scoarța cerebrală, însă, își schimbă, își reglează, își adaptează finețea de înregistrare a fenomenelor, adică excitabilitatea, receptivitatea, potrivit cu nevoile organismului, cu importanța stimulentului, cu direcția principală a activității desfășurate la un moment dat.

Cum se explică faptul că la orbi se dezvoltă într-o asemenea măsură simțul pipăitului și ruda lui bună, simțul vibrator? Prin ce minune se realizează această perfecționare?

Nu e nici o minune. E vorba doar de faptul că mesaje care altfel nu sînt luate în seamă pentru că există alte mijloace mai bune de informare (prin văz) se dovedesc a putea servi și ele informații prețioase.

Noi am ținut în mînă de mii de ori diferite monezi metalice. Dar niciodată n-am dat atenție la ceea ce simțim atingînd aceste monezi cu degetele. Văzul ne ajută perfect să facem deosebirea.

Dar închideți ochii și încercați să deosebiți prin pipăit două monezi de aceeași mărime, cu efigii diferite sau, dacă nu aveți asemenea monezi la îndemînă, comparați cele două părți ale aceleiași monezi.

La început vă va fi imposibil să faceți vreo deosebire. Încercînd însă mereu, veți constata că există detalii care înainte nu vă spuneau nimic, dar care la nevoie, dacă sînt luate în seamă, pot servi ca sprijin pentru identificarea monezii.

Asemenea detalii pot să nu atingă de loc pragul simțirii, cum se întîmplă cu o apăsare prea ușoară, cu un zgomot prea slab. Ele pot însă să depășească

acest prag și, totuși, să rămînă periferice, nebăgate în seamă. Firește, e foarte greu de stabilit o graniță între aceste două feluri de „a nu înregistra". Totuși, deosebirea poate fi ilustrată prin unele exemple. Sînt la masa de lucru. E cald și mi-am scos haina. Cămașa mi-atinge ușor pielea corpului. În clipa în care am îmbrăcat-o, am simțit atingerea. Dar acum? Să închid ochii și să încerc să mă concentrez (rămînînd, se înțelege, nemișcat). Caut să „prind", să „detectez" senzații de atingere, mesaje de la suprafața corpului care m-ar informa despre contactul cu materialul cămășii. Imposibil să mai prind ceva. Nu simt nimic. Receptivitatea scoarței cerebrale în regiunile respective pentru aceste mesaje a scăzut, a scăzut pînă cînd a devenit imposibil să se mai înregistreze ceva sub formă de senzații. Spunem în acest caz că ne-am adaptat la acțiunea acestui excitant. Scăzînd receptivitatea, sensibilitatea analizatorului tactil, mesajele pielii, născute din atingerea cămășii, devin prea slabe pentru a fi înregistrate sub formă de senzații.

Am putea spune, referindu-ne la exemplul de adineauri, că directorul a dat la un moment dat ordin șefului de cabinet să nu-l mai deranjeze cu o anumită categorie de telefoane — adică cu chestiuni de importanță redusă. Oricît s-ar concentra directorul asupra telefonului din cabinetul său, el nu-l va auzi sunînd, deoarece, conform ordinului său, nu i se dă legătura.

Dar se poate întîmpla și altfel. Se poate întîmpla ca mesajul să parvină la scoarța cerebrală, să treacă de pragul simțirii, să devină senzație și, totuși, să nu fie luat în seamă. În timp ce lucrez nu mai aud tic-tac-ul ceasornicului așezat pe masă. Dacă, însă, ceasul s-ar opri la un moment dat, lucrul acesta mi-ar atrage atenția și mi-aș da seama că, de fapt, n-am fost complet străin de tic-tac-ul ceasornicului. Sau dacă, în timp ce ceasul merge, mi-aș aminti de el și aș încerca să-i aud bătăile, aș izbuti de asemenea. Senzațiile produse de tic-tac-ul ceasului nu dispar cu totul. Dar repetîndu-se necontenit și neprezentînd o importanță deose-

bită, aceste senzații nu intră în curentul principal al activității mele și se pierd.

Așadar, scoarța cerebrală nu este un simplu registru în care natura își notează observațiile. Avînd posibilitatea să-și varieze excitabilitatea, receptivitatea în diferite regiuni ale ei, scoarța cerebrală selecționează cu finețe veștile sosite, clipă de clipă, de la organele de simț, neprimind de loc pe unele, primind pe altele (dar lăsîndu-le să facă anticameră), pe altele primindu-le (dar fără a le acorda vreo importanță) și, în sfîrșit, distingînd, detașînd, amplificînd pe cele care se dovedesc a putea contribui la bunul mers al întregii instituții.

Dar nu numai de acest mijloc dispune scoarța cerebrală pentru a asigura organismului relații cît mai potrivite cu mediul înconjurător.

Sensibilitatea unui bun instrument de măsurat se exprimă nu numai prin valorile cele mai mici pe care le poate înregistra, ci și prin variațiile cele mai mici de care poate da socoteală cu precizie. În domeniul senzațiilor aceasta corespunde cu sensibilitatea diferențială.

Această calitate depinde, în primul rînd, de construcția întregului analizator. Dar aceasta depinde și de activitatea pe care o depune scoarța cerebrală.

Să presupunem că cineva mă apasă pe braț cu vîrfurile unui compas, în două puncte. Dacă punctele nu sînt prea apropiate, cele două serii de mesaje nervoase vor porni separat și vor sosi separat în scoarța cerebrală. Aici, în stația finală, ele trebuie să pună în mișcare două grupe de celule care, și ele, trebuie să-și păstreze o relativă separație.

Ce se întîmplă cînd aruncăm o pietricică în apă? În jurul punctului unde a căzut pietricica încep să se formeze cercuri, cercuri care cresc neîncetat, întinzîndu-se mereu mai departe.

În punctele din scoarța cerebrală în care au sosit mesajele nervoase, se formează focare de excitație. Dar excitația aceasta are pretenția să se întindă, să

se reverse, să cuprindă și regiunile înconjurătoare. Ce ar trebui să urmeze de aici? In simțirea noastră, fenomenul acesta de iradiere a excitației ar trebui să se traducă prin formarea unor senzații grosolane, vagi, neprecis localizate.

Dacă e vorba de excitarea în două puncte apropiate ale pielii, cele două focare corespunzătoare de excitație din scoarța cerebrală ar trebui, din cauza revărsării excitației, să se apropie lărgindu-se și, pînă la urmă, să se contopească. În locul a două senzații, în locul impresiei că sîntem înțepați în două puncte diferite, am avea o singură senzație, am avea impresia că sîntem înțepați într-un singur punct.

Directorul nostru (scoarța cerebrală), distrat, ar confunda o veste venită de la Pitești cu alta venită de la Mizil și ar da niște ordine greșite.

Cum se apără scoarța cerebrală de acest pericol, cum își asigură ea finețea, precizia, distincția înregistrărilor?

Și în acest caz este vorba de importanța veștilor primite. În raport cu importanța veștilor primite, cu importanța diferențierii lor, utilizează scoarța cerebrală mecanismul delicat de care dispune pentru realizarea acestei diferențieri.

Dacă experiența dovedește că cele două mesaje apropiate, asemănătoare, gata să se confunde, transportă totuși informații deosebite, care merită să fie deosebite, scoarța cerebrală găsește mijlocul să le separe, să le distingă, să le înregistreze izolat.

Cercetătorii sovietici Pșonik și Felberbaum au făcut următoarea experiență interesantă (1955). Pe mîna unor persoane ei așezau întîi o plăcuță metalică. După cîtva timp, persoanele respective se obișnuiau cu atingerea plăcuței, adică se adaptau și încetau s-o mai simtă. Atunci experimentatorul începea să așeze pe plăcuță, alternativ, o greutate de un gram și o greutate de o jumătate de gram. Persoanele de experimentare nu puteau vedea ce se petrece, mîna fiindu-le ascunsă după un paravan.

Problema era dacă, sub acțiunea celor două greutăți apăreau senzații și dacă aceste senzații erau deosebite. Și ce s-a constatat?

Unele dintre aceste persoane nu simțeau nimic: greutățile erau prea ușoare și mesajele nu treceau de pragul simțirii. Alte persoane simțeau o ușoară apăsare. Dar nimeni nu-și dădea seama că e vorba de greutăți diferite. Scoarța cerebrală nu înregistra deosebit cele două mesaje.

Iată ce a făcut atunci experimentatorul. El a început să însoțească așezarea greutăților pe mîna subiecților cu cîte un excitant. Cînd așeza greutatea de un gram pe mîna subiectului, el adăuga și o atingere a pielii subiectului, destul de puternică pentru a fi simțită clar. Cînd așeza greutatea de o jumătate de gram, experimentatorul o însoțea cu o înțepătură destul de dureroasă.

Ce credeți că a urmat? Persoanele de experimentare au început să deosebească cele două greutăți, pe care cu nici un chip nu izbutiseră să le deosebească înainte.

Din momentul în care cele două mesaje au dovedit că semnalizează fenomene diferite, fenomene a căror deosebire contează pentru organism, înregistrarea lor a început să se facă separat de către scoarța cerebrală, sub forma unor senzații deosebite însoțind răspunsuri deosebite.

Cele două apăsări au început să fie băgate în seamă, onorate cu atenția scoarței cerebrale, deosebite, diferențiate pentru că s-au dovedit a avea o anumită importanță semnalizatoare pentru organism.

Așadar, ne mai putem mulțumi cu afirmația: senzația apare atunci cînd mesajul sosit de la receptor declanșează activitatea unor celule ale scoarței cerebrale? O asemenea afirmație ar fi mult prea vagă.

Scoarța cerebrală preia acest mesaj, îl conectează cu anumite răspunsuri ale organismului, utile în împrejurările respective, punîndu-l prin aceasta în valoare, și numai astfel, în funcție de acest rol de semnal se constituie reflectarea subiectivă, adică senzația.

Cum realizează scoarța cerebrală operația de separare, de precizare a mesajelor, în raport cu semnificația lor? Mijlocul de care dispune scoarța cerebrală este inhibiția. Inhibiția, strecurată între punctele de excitație, le separă și le izolează. Excitația din diferite puncte, care tinde să se reverse, să iradieze și să se contopească, este împinsă înapoi de inhibiție și silită să se concentreze și să se limiteze la teritorii cît mai reduse. Dar acest lucru nu se petrece la întîmplare, ci așa cum s-a văzut, în raport cu experiența omului sau animalului, în raport cu importanța deosebirilor dintre semnificațiile mesajelor primite de scoarța cerebrală.

O ultimă problemă. S-a văzut că receptorii transmit creierului mesaje deosebite, folosind pentru aceasta căi deosebite, mesaje care sînt preluate de celule deosebit specializate.

Dar cum se transmit deosebirile de intensitate de la receptor la scoarța cerebrală? Dacă apăsarea e mai puternică, și senzația e mai vie. Dacă obiectul atins are o temperatură mai mare și senzația de temperatură e mai puternică.

Faptul acesta pare foarte firesc, dar cum se realizează? Prin ce mijloace receptorii pielii transmit creierului aceste diferențe de intensitate? Lucrurile nu sînt simple, cum par la prima vedere, din moment ce influxul nervos care străbate fibra nu admite grade de intensitate. Dacă excitantul a atins o anumită intensitate minimă, influxul este declanșat cu toată puterea sub forma potențialului de vîrf. Cum pot fi, deci, transmise deosebirile de intensitate?

Problema este, în realitate, extrem de complicată și nici azi nu e limpezită complet.

Cu vreo trei decenii în urmă, cercetătorii au descoperit un fapt de mare importanță care părea să rezolve problema. Și anume, s-a constatat că dacă amplitudinea influxului nervos nu se schimbă atunci cînd se schimbă intensitatea excitantului, se schimbă însă altceva: frecvența sa.

În 1926, Adrian și Zotterman au arătat că exercitînd o apăsare pe receptorii tactili ai unei labe de pisică, se naște în fibrele nervoase corespunzătoare un șir de influxuri nervoase care sînt cu atît mai dese, cu cît apăsarea e mai puternică (mai precis: frecvența influxurilor crește proporțional cu logaritmul excitării). In felul acesta, totul părea foarte simplu: un excitant mai puternic aplicat pe piele declanșează în fibrele nervoase influxuri mai dese (cu frecvență mai mare). În scoarța cerebrală, în punctul corespunzător senzației respective, vor sosi deci influxuri cu atît mai dese cu cît excitantul a fost mai puternic. Astfel, și gradul de activitate al regiunii corespunzătoare din scoarța cerebrală va fi mai mare și deci senzația, oglindirea subiectivă a fenomenului, va fi mai intensă. Sau, mai pe scurt, gradul de intensitate al excitării este comunicat creierului nu prin intensitatea influxurilor care parcurg fibra (intensitatea fiind neschimbătoare), ci prin frecvența acestor influxuri.

Soluția părea admirabilă și, după cum vom vedea mai încolo, ea explica transmiterea gradelor de intensitate în cadrul altor analizatori. Dar ceea ce strică toate socotelile este existența senzațiilor vibratorii.

Cititorul își amintește, din capitolul precedent, faptul că un excitant repetat, cum ar fi un curent alternativ sau un obiect care vibrează, face să se nască în fibra nervoasă influxuri la fiecare variație de curent sau la fiecare vibrație. Frecvența influxului corespunde, deci, pînă la un anumit punct cu frecvența excitantului. Or, nu se explică tocmai astfel senzațiile vibratorii?

Atingînd cu mîna paleta vibratoare a unui difuzor, noi simțim vibrația. Dacă crește frecvența vibrației, se schimbă și impresia vibratorie pe care o avem, dar nu apare o impresie de apăsare din ce în ce mai pronunțată.

Presupunerea de la care am pornit era că fibra transmite creierului modificările de intensitate prin modificări în frecvența influxurilor. Dar iată că noi putem

obține direct modificări în frecvența influxurilor — cu ajutorul unei palete vibratoare, de pildă, ca excitant — fără să rezulte de loc impresia unei creșteri a presiunii, simțind doar că vibrația a devenit mai rapidă.

Cercetătorii au căutat atunci o altă explicație. E vorba de fenomenul extrem de interesant al recrutării, pe care vom avea prilejul să-l mai întîlnim adeseori.

Am vorbit pînă acum de transmiterea mesajelor de la receptor la centru, ca și cînd această transmitere s-ar face întotdeauna printr-o singură fibră, sau printr-un lanț unic de fibre.

De fapt însă, în mod obișnuit, această transmitere se face printr-un pachet de zeci sau sute de fibre. Nu s-ar putea găsi și aici o soluție a problemei noastre?

Fibrele nervoase nu intră toate în joc în același timp, pentru că nu sînt toate la fel de excitabile. Dacă un excitant slab acționează asupra unui mănunchi de fibre, el va declanșa influxuri nervoase numai în cele care sînt mai excitabile, care răspund la influențe slabe.

Pe măsură, însă, ce intensitatea excitantului crește (de exemplu, crește intensitatea unui curent electric, aplicat pe nerv), din ce în ce mai multe fibre vor putea răspunde. Crescînd intensitatea excitantului, vor fi angajate, vor fi determinate să răspundă și acele fibre care sînt mai greoaie, care au nevoie de stimulări mai puternice pentru a intra în acțiune.

Creșterea intensității excitantului se dovedește astfel a avea și un alt efect decît cel arătat mai sus: un număr din ce în ce mai mare de fibre participă la transmiterea mesajului. Tocmai acesta este fenomenul recrutării: odată cu creșterea intensității excitantului, un număr din ce în ce mai mare de fibre este recrutat în slujba transmiterii mesajului nervos.

Așadar, creșterea intensității excitantului, fără a putea modifica amplitudinea influxului nervos, poate avea în schimb alte două efecte: creșterea frecvenței influxurilor într-o fibră și creșterea numărului de

fibre recrutate pentru transmitere. Ambele fenomene duc, în esență, la același rezultat: sosirea în scoarța cerebrală a unui număr cu atît mai mare de influxuri, într-un timp dat, cu cît excitantul e mai puternic.

Dacă creșterea frecvenței influxurilor, după cum am văzut, nu poate singură explica creșterea intensității senzației, nu e suficient fenomenul recrutării pentru a explica această creștere a intensității senzației, cînd crește intensitatea excitantului? Cu cît e mai puternic excitantul, cu atît sînt recrutate mai multe fibre care efectuează transportul influxurilor și cu atît va fi, deci, mai mare gradul de activitate al regiunii corespunzătoare din creier.

Dar există un obstacol și în calea acestei explicații. Dacă lucrurile s-ar petrece astfel, știți ce-ar urma? Senzațiile noastre tactile ar trebui să devină cu atît mai puțin precise, mai vagi, cu cît excitantul ar fi mai puternic.

Dacă apăs ușor un ac pe vîrful unui deget, în scoarța cerebrală, într-un anumit punct, ia naștere excitația căreia îi corespunde senzația de apăsare cu un vîrf ascuțit.

Dacă în loc de un ac folosesc gămălia unui chibrit, firește că senzația care se va naște va fi diferită: voi simți apăsarea pe o suprafață mai mare. Aceasta pentru că excitația pornită de la mai mulți receptori, transmisă prin mai multe fibre, cuprinde în creier o regiune mai mare.

Ce ar urma să se întîmple, potrivit fenomenului recrutării de care am vorbit? N-ar trebui ca, pe măsură ce crește intensitatea stimulentului, să se lărgească regiunea excitată din creier, și deci, senzația să fie mai vagă, mai puțin precis localizată?

Acest lucru, însă, nu se întîmplă: dacă apăsăm mai tare pe un deget cu vîrful creionului, senzația nu devine de loc mai vagă, mai puțin precis localizată. S-ar părea, deci, că trebuie renunțat și la ideia după care fenomenul recrutării este cel care asigură transmiterea gradelor de intensitate. Dar iată că, în 1941,

un cercetător constată, cu mijloace perfecționate de înregistrare, că, pe măsură ce crește intensitatea stimulării aceluiași punct al pielii, se mărește într-adevăr și regiunea excitată din creier.

Deci, fenomenul recrutării joacă un anumit rol în transmiterea la creier a gradelor de intensitate cu care acționează un excitant asupra pielii. Cum se explică, însă, faptul că impresia nu devine mai vagă, faptul că suprafața de piele excitată nu ne apare mai mare, pe măsură ce apăsarea e mai puternică?

Nu știm. Creierul dispune de mijloace, pe care nu le cunoaștem, prin care limitează senzația la punctul excitat inițial, iar suprafața mărită, în raport cu creșterea stimulării, folosește numai la redarea impresiei juste de creștere a intensității stimulării.

LUMEA SUNETELOR, LUMEA VORBIRII ȘI A MUZICII

Sting lumina și încerc să dorm. Dar strada e încă trează. O mașină pare că se apropie. A ajuns în dreptul ferestrei... trece mai departe? Nu, a stopat. Se aud șoapte... Oamenii vorbesc, întreabă, răspund. Portiera mașinii e izbită. Mașina pornește, se îndepărtează și zgomotul ei se pierde.

O sonerie... O ușă s-a deschis. Rîsete, glasuri vesele. Ușa se închide. Apoi liniște.

Cît o fi ora? Numai douăsprezece și jumătate? Poate s-a oprit ceasul? Nu. Tic-tac-ul regulat îmi arată că instrumentul continuă să-și îndeplinească, netulburat, datoria.

Îmi dau seama, de-abia acum, că de undeva se aude muzică. Nu prind imediat melodia. E muzică de dans...

„În Bucureștiul iubit...“ Glasul e melodios și cald. „În Bucureștiul iubit azi negura s-a risipit...“ Mă pomenesc fredonînd. E duminică seara și lumea petrece... Din nou o mașină, claxonul... Cîntecul...

Lumea sunetelor, lumea muzicii și a vorbirii.

Deosebesc foarte bine oamenii după glas. Nu confund izbitura ușii cu cea a portierei mașinii care se închide. Recunosc după pași anumite persoane. În același timp, auzul meu prinde muzica, zgomotele străzii, pașii trecătorilor întîrziați. Desprind, din melodia pe care o ascult, vocea cîntărețului, orchestra care o acompaniază, iar din orchestră recunosc viorile, alămurile etc. Melodia cîntată nu e doar melodie. Desprind și melodia și faptul că e cîntată de o voce omenească, recunosc în același timp a cui e vocea — e un cîntăreț cunoscut. Și tot în același timp îmi dau seama, după intensitatea cu care toate ajung la urechea mea, că se cîntă undeva departe.

Toate acestea nu le aflu pe rînd, ci în același timp. Cum de nu se amestecă toate, cum de nu se topesc toate într-o huruială îngrozitoare?

Oare vocea, viorile, alămurile, pașii de pe stradă, mașinile care trec, tic-tac-ul ceasului își au fiecare căile lor proprii, prin care comunică cu auzul meu?

În cazul văzului, fiecare punct al priveliștii aflate înaintea mea își trimite raza sa de lumină spre ochi și fiecare punct își formează imaginea sa pe membrana sensibilă a ochiului, pe retină. În felul acesta, voi vedea separat fiecare frunză a copacului dinaintea mea și voi distinge chiar diferite amănunte ale frunzelor. Toate aceste date ajung separat și sînt primite separat de către organul văzului.

Dar în cazul auzului?

Aici lucrurile se petrec cu totul altfel.

Urechea distinge date, care și în realitate sînt distincte, separate: sunetele emise de instrumentele muzicale, de voce, de claxon etc., dar care, în drumul către

auz, se contopesc într-un șuvoi unic, în care par să-și piardă pentru totdeauna individualitatea.

Dacă fixezi o lamă de oțel de un capăt al ei și o îndoi dîndu-i apoi drumul, lama se pune în mișcare oscilînd repede înainte și înapoi. La capătul nefixat, mișcarea poate fi văzută. Spunem că lama vibrează.

Dacă lovim o bucată de metal, un vas de sticlă, o tăblie de lemn, se va produce același fenomen: aceste obiecte vor începe să vibreze, adică va lua naștere o mișcare foarte fină, regulată, un fel de du-te-vino, o mișcare invizibilă direct, mai mult sau mai puțin rapidă care, treptat, se va stinge. Felul în care se produce acest mărunt și rapid du-te-vino al vibrației, depinde de materialul din care e făcut obiectul și de tăria cu care a fost lovit.

Dar mișcarea aceasta se transmite mediului în care obiectul se află: aer sau apă. Aerul sau apa se pun în mișcare, strat cu strat, repetînd aidoma cele ce se petrec în centrul de vibrație. La distanțe de zeci și sute de metri de punctul de pornire, vibrația se manifestă mai slabă, dar repetînd exact mișcările obiectului în vibrație.

Dacă organismul animalului ar fi înzestrat cu mijloace prin care să capteze, să înregistreze aceste vibrații sub formă de senzații, animalul respectiv ar afla, prin intermediul lor, de prezența unor obiecte situate la zeci și sute de metri de el. E un mijloc mai bun decît înștiințarea prin contact, prin atingere, căci semnalizarea are loc, în acest caz, de la distanță, de la zeci și sute de metri. Dar animalul va fi înștiințat nu numai de faptul că există ceva la o distanță oarecare. Deoarece vibrația depinde, într-o măsură oarecare, de obiectul respectiv, deoarece ea poartă pecetea obiectului care a emis-o, ea va duce mesajul prezenței acestui obiect, a unui *anumit* obiect deci.

...Și astfel au apărut organele auzului și senzațiile corespunzătoare: sunetele și zgomotele. Un foșnet, o izbitură, un troznet, un urlet, un răget pot anunța,

de departe, prezența unui dușman sau a unui semen, vreun bolovan care se prăbușește, o apă care curge.

Și pentru formarea acestor aparate natura a trebuit să rezolve o serie de probleme extrem de complicate.

Lovesc ușor un diapazon. Se aude un sunet, parcă un sunet mat, fără contur, fără culoare. E un sunet pur. Diapazonul lovit a început să vibreze. Atingînd ușor diapazonul cu mîna, simt furnicarea caracteristică produsă de vibrație.

Mișcările diapazonului sînt deosebit de regulate, chiar dacă treptat slăbesc în intensitate. Secundă de secundă, exact același număr de oscilații, de pendulări abia vizibile. Numărul acesta de oscilații pe secundă, adică frecvența, depinde de construcția diapazonului. Diapazonul care e construit pentru a emite sunetul *la* (mai exact la_3) [1] face 435 de vibrații pe secundă.

Aerul este izbit în timpul acestui du-te-vino, necontenit, la fiecare vibrație. Fiecare izbitură va presa pătura de aer din jurul instrumentului și o va face să se comprime (așa cum presezi de pildă aerul din interiorul unei mingi, strîngînd mingea între palme). Fiecărei comprimări îi va urma o destindere a păturii de aer. Pentru nota *la*, de care am pomenit, într-o singură secundă, aerul va suferi 435 de comprimări și tot atîtea destinderi. Mișcările acestea ale păturii de aer se vor transmite foarte repede și păturii învecinate și așa mai departe. Numai într-o secundă mișcarea aceasta va fi străbătut 340 de m. Nu aerul este cel care înaintează (cum se întîmplă în cazul vîntului) ci doar mișcarea, succesiunea aceasta rapidă de comprimări și destinderi.

După o sutime de secundă, pătura de aer aflată la trei, patru metri depărtare de diapazon, va începe să vibreze fiind supusă acelorași comprimări și destinderi. Omul aflat în apropierea diapazonului va auzi un sunet.

[1]) Indicele 1,2,3 etc. arată octava din care face parte nota respectivă (n. red.).

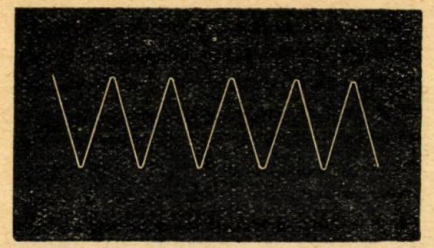
Cu cît e mai rapidă vibrația, cu alte cuvinte, cu cît e mai mare frecvența, cu atît va apare mai înalt, mai ascuțit sunetul auzit. Sunetul *do* (do_3) care e mai jos, mai gros decît sunetul *la*, are numai 261 de vibrații pe secundă.

Dar un sunet poate fi mai puternic sau mai slab. Aceasta nu mai depinde de frecvența vibrației, ci de tăria ei, de puterea cu care izbește diapazonul aerul la fiecare vibrație. Ciocănind cu creionul în masă pot să ciocănesc mai repede sau mai rar, dar totodată pot să ciocănesc mai puternic sau mai slab.

Dacă lovesc diapazonul mai energic, nu-l voi determina să vibreze mai repede, ci doar mai puternic și astfel să scoată un sunet mai puternic (de aceeași înălțime). Nici aerul nu va transporta un sunet mai repede, dacă e mai puternic. Viteza de 340 m pe secundă rămîne constantă.

Un aparat special construit poate face să apară înscrise aceste oscilații. O peniță, sprijinită pe un cilindru ce se învîrtește, este pusă în mișcare cu ajutorul unui sistem de pîrghii de către obiectul care vibrează. Fiecare dintre măruntele mișcări va face penița să urce sau să coboare și să lase în urma ei, pe cilindrul care se învîrtește, o dîră de cerneală. În cazul vorbirii sau al unui instrument muzical, vibrațiile comunicate aerului dimprejur vor fi culese de o membrană, care le va transmite la rîndul ei, pe cale mecanică sau electrică (și după o prealabilă amplificare), peniței inscriptoare.

Linia obținută poate fi socotită graficul — reprezentarea grafică — a variațiilor de presiune într-un punct al aerului, în timpul vibrației. Presiunea crește, ajunge la un maximum, apoi începe să scadă, ajunge la punctul de plecare și continuă să scadă în cursul destinderii. Ajunge astfel la un punct minim, de unde începe iar să urce, pînă ajunge la nivelul punctului de plecare. Cît timp presiunea crește, membrana se umflă și penița urcă pe cilindrul înnegrit. Cînd presiunea începe să scadă, membrana se destinde și penița începe



21. Reprezentarea vibrației în cazul unui sunet simplu.

să coboare. Astfel, acest șir neîntrerupt de movile și vîlcele reprezintă șirul neîntrerupt de comprimări și dilatări, prin care a trecut aerul într-un punct al său, în timpul vibrației. Cu cît sînt mai înalte movilele și mai adînci văile, cu atît a fost mai puternică vibrația, cu atît au fost mai energice comprimările și destinderile. Cu cît numărăm mai multe movile înscrise într-o secundă, cu atît a fost mai mare frecvența vibrației. În loc să spunem înălțimea „unei movile", vom spune „amplitudinea vibrației". Intensitatea sunetului auzit va depinde, deci, de amplitudinea vibrației, după cum înălțimea sunetului depinde de frecvența vibrației.

Se vede că mișcarea diapazonului și mișcarea pe care acesta o imprimă aerului dimprejur sînt mișcări cu o anumită regularitate. O mișcare foarte fină înainte și înapoi a diapazonului, ca și o comprimare urmată de o destindere a aerului, durează un anumit timp, foarte scurt, după care se repetă la fel. Și așa mereu. Lucrul acesta îl reprezintă foarte bine linia sinuoasă din figură. Vibrația este, de aceea, o mișcare periodică, ce se repetă aidoma, neîncetat — iar durata unei vibrații complete, adică o comprimare urmată de o destindere a aerului, reprezintă o perioadă. Dacă sunetul la_3 rezultă din 435 vibrații pe secundă, înseamnă că perioada este în acest caz egală cu 1/435 sec. Sau, pe scurt, perioada este invers proporțională cu frecvența vibrației. Dacă notăm cu T durata, iar cu N frecvența sau numărul de vibrații, obținem următoarea formulă: $T = \frac{1}{N}$.

Lucrurile se complică, însă, prin următoarele. O vioară, un pian, vocea unei soprane pot cînta aceeași notă, adică un sunet de aceeași înălțime. Și, totuși, aceste sunete apar deosebite. Aceasta înseamnă că două sunete nu se deosebesc numai prin înălțime sau intensitate, ci și printr-o altă calitate a lor. Această a treia calitate a sunetelor, prin care două sunete de aceeași înălțime și intensitate se deosebesc, a fost numită timbru.

Noi cunoaștem vioara, pianul, clarinetul, vocea omenească după timbrul caracteristic fiecărui instrument. Distingem glasurile oamenilor tot după timbru. Un muzician va distinge, după timbrul sunetelor, două viori, sau două piane de construcție diferită.

Se vede de aici, în primul rînd, că timbrul este în funcție de instrumentul care emite sunetul. Cu aceasta am spus, însă, prea puțin. Sunetul este rezultatul unei vibrații. Aceasta înseamnă că, așa cum am găsit pentru înălțimea și intensitatea sunetului anumite însușiri obiective ale vibrației de care aceste calități depind, tot așa trebuie să găsim și o însușire obiectivă a vibrației de care să depindă timbrul.

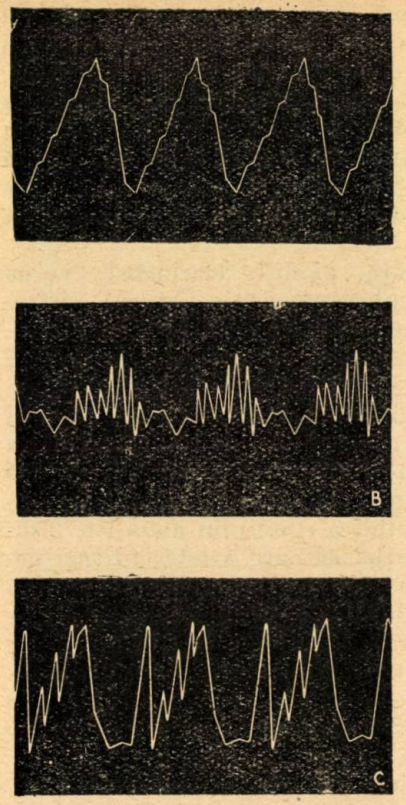
Care poate fi această însușire?

Cercetătorul se va grăbi să obțină imaginea vibrației unui instrument oarecare, înscrisă pe o bandă de hîrtie, așa cum am arătat mai sus.

Și ce va constata?

Vioara, pianul, clarinetul, oboiul cîntînd, vibrînd, nu mai fac să apară frumoasele rotunjimi regulate, egale între ele. Apar niște urcușuri și coborîșuri stranii, la prima impresie cu totul neregulate, parcă desenate de mîna capricioasă a unui copil neastîmpărat.

Dar privirea atentă descoperă și aici o anumită ordine, o anumită regularitate. Linia urcă, coboară, se frînge, urcă din nou dar, la un moment dat, desenul începe să nu mai ofere surprize. Conturul acesta capricios renunță să se mai înnoiască neîncetat și se mulțumește să repete constant jocul primelor linii. În locul unei linii care urcă și coboară, descriind niște



22. Reprezentarea vibrației în cazul unor sunete complexe: A — sunetul viorii; B — sunetul clarinetului; C — sunetul oboiului.

rotunjimi perfecte, ca în cazul diapazonului, avem o succesiune de dealuri cu forme curioase, dar tot egale între ele.

Datorită faptului că e vorba de o mișcare ce se repetă constant, putem spune că și în acest caz, ca și în cazul sunetului simplu, vibrația reprezintă o mișcare periodică. O perioadă reprezintă tocmai intervalul de timp, în cursul căruia mișcarea trece prin toate înfățișările deosebite pînă le epuizează și e obligată să le ia de la început.

Să privim figurile alăturate. Fiecare instrument muzical are desenul său caracteristic: vioara, clarinetul, oboiul. Nu este oare o legătură între timbrul instrumentului și acest desen caracteristic?

Într-adevăr, dacă înălțimea sunetului depinde de frecvența vibrației, iar intensitatea de amplitudinea vibrației, timbrul depinde de forma vibrației în cursul unei perioade.

Să presupunem că am cîntat la un instrument trei note: do, re, mi, într-o gamă anumită, deci trei sunete de înălțime diferită. Fiecare sunet are frecvența sa,

numărul său de vibrații pe secundă (261, 293, 326). Numărul acesta nu depinde de instrumentul la care am cîntat: do_3 are întotdeauna 261 vibrații pe secundă, indiferent de instrument.

Timbrul depinde de ceea ce se întîmplă înăuntrul unei perioade, în timpul fiecăreia din aceste vibrații. În timpul unei comprimări și destinderi care constituie o vibrație, mai există un joc, un tremur mai mult sau mai puțin pronunțat.

Lucrurile se petrec ca și cînd în timpul vibrației instrumentului mai intervine ceva care, fără să poată influența numărul de vibrații pe secundă, influențează doar modul în care se desfășoară fiecare vibrație.

De aceea, în locul unei succesiuni de rotunjimi perfecte — cum se înscriu vibrațiile sunetului simplu al diapazonului — avem o succesiune de desene bizare, toate egale între ele și care reprezintă caracteristica instrumentului — timbrul.

Mintea omenească scormonește mai departe. Care este cauza care face ca vioara, pianul, trompeta etc., indiferent ce notă ar cînta, să adauge acestei note un anumit specific, o anumită coloratură — timbrul — după care recunoaștem instrumentul? Ce anume se adaugă notei propriu zise — do, re, mi — care, frîngînd ici-colo linia vibrației, îi imprimă nuanța proprie instrumentului?

Teoria matematică ne vine aici în ajutor. Ea arată (teorema lui Fourier) că orice funcție periodică complexă (cum este cea a mișcării vibratorii a unui instrument muzical) se poate descompune întotdeauna într-un singur fel, într-o sumă de funcții periodice simple sinusoidale (cum este cea a vibrației diapazonului în care succesiunea de rotunjimi regulate nu e tulburată de nici un fel de arabescuri capricioase).

Cu alte cuvinte, desenele din figură cu tot jocul lor curios de linii, dar avînd o anumită periodicitate (același desen se repetă mereu), se pot obține, suprapunîndu-se, un număr oarecare de desene reprezen-

tînd sunete simple de diferite perioade și amplitudini.

Firește, nu e vorba de o simplă așezare a acestor desene unul peste altul. Pentru a obține curba rezultantă, se sumează pe aceeași verticală distanțele la care sînt situate punctele diferitelor curbe față de abscisă.

Aceasta înseamnă că sunetul viorii, al pianului, al clarinetului trebuie considerat de fapt ca un sunet complex rezultînd dintr-un amestec de sunete de înălțimi și intensități diferite.

Teorema lui Fourier mai arată că, dacă funcția periodică complexă are perioada T (în cazul vibrației, durata unei vibrații), atunci ea se descompune într-o sumă de funcții sinusoidale avînd perioadele T, $\frac{T}{2}$, $\frac{T}{3}$ etc.

După cum s-a văzut, perioada T — durata unei vibrații — o putem afla împărțind unitatea de timp — secunda — la numărul vibrațiilor pe secundă. $T = \frac{1}{N}$.

Astfel, putem spune că un sunet complex cu frecvența N se descompune într-o serie de sunete simple cu frecvențele N, 2N, 3N, 4N etc.

De exemplu, sunetul la_3 al viorii (cîntat pe coarda *la)* este de fapt un sunet complex, format din sunetul simplu *la* de 435 vibrații pe secundă, însoțit de sunetele de 870, 1305 etc. vibrații pe secundă.

Primul sunet, cel de 435 vibrații pe secundă, este sunetul fundamental de care depinde frecvența și, deci, înălțimea sunetului complex. Celelalte sunete însoțitoare, numite armonice, nu influențează înălțimea sunetului, ci modificînd doar forma vibrației, determină timbrul sunetului.

Nota la_3 poate fi cîntată și de vocea omenească, și de vioară, și de pian etc. Timbrul deosebit va depinde

de seria de sunete armonice, de sunete însoţitoare, pe care instrumentul respectiv le adaugă sunetului fundamental.

Experienţa a confirmat pe deplin aceste deducţii teoretice. Sunetele complexe ale viorii, ale pianului, ale flautului etc. au putut fi într-adevăr descompuse în tonuri pure, aşa cum chimistul descompune în laborator apa în oxigen şi hidrogen, dovedind astfel compoziţia ei.

Cum se poate descompune sunetul complex?

Există un mijloc prin care putem obliga sunetele parţiale, ascunse în sunetul complex, să-şi dezvăluie existenţa.

Mijlocul acesta se bazează pe unul din cele mai interesante fenomene din natură — fenomenul rezonanţei.

Sunetele de aceeaşi înălţime par că se caută, se cheamă, se deşteaptă şi se întăresc reciproc, un sunet iscîndu-l pe fratele său bun din instrumentul capabil să-l producă.

Loviţi un diapazon în faţa unui pian. Nu pianul îl atingeţi, şi nici o coardă a pianului. Dar iată că pianul n-a rămas indiferent faţă de cele ce se întîmplă diapazonului. Plecaţi urechea: un sunet uşor vine dinspre pian. Acolo, din totalitatea coardelor, una dintre ele a răspuns parcă invitaţiei diapazonului şi şi-a adăugat sunetul ei, vibraţia ei, vibraţiei acestuia. Care este această coardă? Este tocmai cea care emite, cînd este lovită, sunetul pe care-l emite şi diapazonul cînd este lovit.

Reţineţi: n-am atins coarda pianului în nici un fel. În aer s-au răspîndit în toate direcţiile vibraţiile determinate de diapazon, vibraţii regulate, cu o anumită frecvenţă. Aceste pulsaţii — ca să zicem aşa — ale aerului, întîlnind coardele pianului, nu pun în mişcare decît una dintre ele: pe cea care are aceeaşi frecvenţă de vibraţie ca şi diapazonul.

Dacă vom face să vibreze, în acelaşi timp, trei diapazoane în faţa pianului, diapazoane care emit sunete

diferite (să zicem do, re, la), atunci trei coarde vor răspunde prin vibrația lor: coardele do, re, la.

Fără îndoială că cititorul a și înțeles în ce constă procedeul analizei unui sunet complex. Dacă producem un sunet complex (de exemplu de vioară, de flaut, de oboi) în fața pianului, atunci vor începe să vibreze acele coarde ale pianului care corespund sunetelor simple din care e compus sunetul instrumentului. Așezînd niște cavaleri de hîrtie pe coardele pianului, vom putea observa care sînt coardele care încep să vibreze.

Oamenii de știință au construit niște cutii speciale, numite rezonatori, care au proprietatea de a răspunde, de a intra în rezonanță numai pentru un anumit sunet fiecare. Un grup de astfel de rezonatori poate juca rolul coardelor pianului. Un sunet de vioară, de clarinet etc. va face să intre în rezonanță acei rezonatori care, prin construcția lor, corespund sunetelor simple din compoziția sunetului viorii sau clarinetului. Trecînd cu urechea, rînd pe rînd, în dreptul deschizăturii fiecărei cutii, vom auzi din cînd în cînd — la anumite cutii — un sunet destul de pronunțat. Cutia — rezonatorul — răspunde unuia din sunetele simple care intră în compoziția sunetului complex al viorii, clarinetului etc. În felul acesta, notînd rezonatorii care au răspuns sunetului complex, ne putem da seama care sînt sunetele simple care au intrat în compoziția sa.

Dar oamenii de știință, analizînd un fenomen, descompunîndu-l în elementele sale, vor să-și verifice valoarea analizei făcînd drumul invers — drumul sintezei.

Cea mai bună dovadă, că apa e formată întotdeauna din hidrogen și oxigen, o avem atunci cînd recombinînd hidrogenul cu oxigenul (în proporție de doi la unu), obținem din nou apă.

E posibilă sinteza sunetului? E posibil să putem prepara, după voie, un sunet de vioară, de clarinet sau glasul unei soprane, amestecînd în proporții potrivite niște sunete simple produse de diapazoane, așa cum prepară chimiștii în laborator, prin sinteză, un parfum

de garoafe, o esență de rom sau o vopsea de culoarea mării?

Marele fizician și fiziolog german din secolul trecut, Helmholtz, ca să răspundă acestei întrebări s-a apucat să amestece, într-adevăr, sunetele unor diapazoane diferite. El a folosit pentru aceasta o serie de diapazoane, fiecare emițînd alt sunet simplu, a căror vibrație era întreținută electric. În fața fiecărui diapazon se afla un rezonator care, adăugîndu-și sunetul celui al diapazonului, îl întărea. Rezonatorii erau prevăzuți cu cîte o deschizătură, care putea fi mai mult sau mai puțin astupată. Cu cît era lăsată mai mult liberă deschizătura rezonatorului, cu atît întărea mai mult sunetul diapazonului respectiv și deci, cu atît participa mai mult acest sunet la construirea sunetului complex. În felul acesta se puteau obține cele mai felurite compoziții de sunete, întărindu-le pe unele, oprindu-le pe altele, pe altele slăbindu-le numai.

Și astfel, Helmholtz a izbutit să „prepare" într-adevăr sunete de diverse instrumente.

Cînd răsunau toate diapazoanele, sunetul obținut era cel al unei coarde. Cînd erau întărite mult sunetele înalte, se părea că se aude un cor. Făcînd să răsune armonicele nepereche, se obținea un sunet asemănător celui al clarinetului.

Dacă armonicele sînt puțin numeroase și slabe, sunetul este dulce și monoton cum e cel al flautului. Flautul cîștigă, de aceea, mult dacă este acompaniat.

Cînd sunetului fundamental i se adaugă primele șase armonice cu intensitate mijlocie, se obțin sunete pline, cu timbru bogat, cum sînt cele ale coardelor pianului și viorii. Cînd domină armonicele superioare, obținem timbrul oarecum dur și țipător al alămurilor.

Ce sînt zgomotele?

Și aici e vorba de o complexitate, dar de o complexitate nearmonioasă. Scîrțîitul, troznitura, izbitura nu sînt plăcute urechii. Analiza lor nu duce la obți-

nerea unor sunete parțiale armonice, adică a unor sunete avînd frecvențe N, 2N, 3N, ca la sunetele muzicale, ci dă la iveală un amestec din cele mai disparate, mai nepotrivite frecvențe. Comprimările și destinderile nu se prezintă într-o succesiune regulată, cu o anumită periodicitate, ca la sunetele muzicale, ci cu totul neregulat, fără periodicitate.

Așadar, aceeași undă sonoră poartă cu sine informații despre intensitatea sunetului, emis de un obiect sau un instrument (prin amplitudinea vibrației, prin energia pe care o vehiculează), despre înălțimea sunetului (prin frecvența vibrației), despre timbrul sunetului, deci despre natura instrumentului emițător (prin forma vibrației). O unică succesiune de comprimări și destinderi, de creșteri și scăderi de presiune, avînd loc mai energic sau mai slab, mai repede sau mai lent, este purtătoarea tuturor acestor date despre sunetul propagat.

Dacă instrumentul cîntă o melodie, dacă omul vorbește, atunci nu mai avem un sunet unic cu intensitatea și înălțimea constante. Sunetul este modulat și din succesiunea de sunete de diferite înălțimi și intensități se constituie melodia. Nici în acest caz unda sonoră nu are nevoie de vreun ajutor. Modificările de înălțime (tonurile) și de intensitate se înscriu în variații ale undei, ca modificări de frecvențe și amplitudini.

Dar cînd e vorba nu de un singur instrument, ci de două, trei instrumente, de o întreagă orchestră? Noi auzim și distingem diferitele instrumente participante: viorile, violoncelul, contrabasul, instrumentele de suflat, tobele — le auzim pe toate în același timp, fără să se amestece, fără să se contopească într-o sonoritate unică.

Mai mult. Aud, în același timp, dacă nu ascult muzica într-o sală de concert, și ce se vorbește în preajma mea, și claxonul mașinii de pe stradă, și lătratul vreunui cîine.

Pot fi atent la una sau la alta și astfel pot prinde mai clar, mai distinct un anumit șir de sunete: muzica, vorbirea, claxonul etc. Dar de auzit le aud pe toate în același timp. Dacă muzica s-ar opri, chiar dacă n-am fost atent la ea, ci la ce se vorbește, mi-aș da seama de acest lucru.

În acest caz, cum ajung la urechea mea toate aceste sunete și zgomote așa de deosebite între ele?

Prinde, oare, urechea mea sute de unde sonore provenite de la sutele de obiecte care le emit și, fără să le amestece, le reține, le înregistrează pe fiecare separat?

Lucrurile s-ar putea petrece astfel, dacă fiecare instrument ar fi legat de urechea noastră printr-un tub separat. De fapt însă, vibrațiile provenite de la diferite instrumente se răspîndesc în toate părțile și pe calea spre urechea unei persoane se servesc, în același timp, de aceleași pături de aer.

De aceea, ca și în cazul sunetului emis de un singur instrument, urechea noastră are de-a face întotdeauna cu o singură succesiune de vibrații, cu un singur șir de comprimări și destinderi ale aerului, oricîte instrumente și glasuri am auzi în același timp, oricît de diverse ar fi toate acestea.

Un singur șir de modulații, de variații de presiune e în stare să transporte toate aceste informații diverse.

Un fapt banal la care, fără îndoială că mulți dintre dumneavoastră s-au și gîndit: ceea ce „cîntă" propriu zis la difuzorul aparatului de radio, sau la patefon, nu e decît o simplă plăcuță, o membrană de metal sau de carton. Această unică bucată de carton vibrînd, adică executînd mișcări multe și repezi, e în stare să reproducă sunetul delicat al viorii, tonul plin, ușor voalat al violoncelului, sau stridența trompetei. Ea prinde și redă întreaga măiestrie, tot jocul subtil de nuanțe cu care un mare violonist, un mare pianist, un mare cîntăreț interpretează o bucată muzicală. Zbucium și tristețe, bucurie imensă pînă la ceruri, suferință sfîșietoare, romantice visuri ale tinereței,

tot ceea ce muzica e în stare să redea, să comunice, să transmită, prinde și redă pîlnia de carton a difuzorului, într-o succesiune unică de vibrații.

Toate acestea s-ar putea înscrie într-o singură linie care, coborînd și urcînd neîncetat, frîngîndu-se și curbîndu-se mereu, ne-ar oferi imaginea acestei succesiuni de variații de presiune ale aerului.

Exemplul cel mai bun este însuși șanțul în spirală al discului de patefon. Succesiunea de meandre a șanțului spiralat în care se mișcă acul poartă în sine toată variația muzicii unei orchestre sau a glasului omenesc.

Nenumărate sunete de instrumente muzicale, voci, zgomote, tot ceea ce s-a auzit în fața aparatului de imprimare a șanțului, totul a influențat forma șanțului — care nu e altceva decît imaginea materializată a acestei vibrații complexe. Acul, sprijinit pe fundul șanțului, va reproduce succesiunea de vibrații, în timpul învîrtirii discului, reproducînd astfel toate sunetele și zgomotele. Instrumentele de reproducere și transmitere a sunetelor — patefonul, telefonul, radio-ul — folosesc acest fapt fundamental: oricare ar fi sunetele și oricît de mare ar fi complexitatea lor, totul se poate traduce într-o succesiune unică de vibrații.

Dar faptul cel mai interesant, cel mai demn de uimirea noastră este acela că urechea omenească izbutește să desprindă și să recunoască, fără greș, numai pe baza acestei succesiuni unice de vibrații, diversitatea de sunete și zgomote, care au participat la constituirea ei! Cum desface, cum analizează urechea această rezultantă finală — în care orice graniță între componente pare să se fi șters — deosebind izvoarele sonore din care provine?

Auzul este o achiziție relativ tîrzie în dezvoltarea animalelor. Nimic nu dovedește existența auzului la cele mai multe animale nevertebrate. Bureții, meduza, hidra, viermii, melcul n-au auz. Din încrengătura Artropodelor e posibil să existe începuturi de auz

la raci, la păianjeni. Cele mai simple organe specializate de auz le întîlnim la unele insecte.

În general, la Artropode există o anumită sensibilitate pentru vibrații, datorită perilor sensibili care străbat straturile chitinoase ale tegumentelor.

Dar există oare vreo analogie între acest simț al vibrațiilor prin punerea în mișcare a unor peri, și auzul propriu-zis? Probabil că nu.

La unele insecte însă — mai ales la cele în stare să producă sunete ce joacă un rol în viața lor — apar pentru prima oară organe specializate.

De-a lungul întregii evoluții a sensibilității la animale, regăsim neîncetat aceeași problemă: crearea unor aparate intermediare, de legătură, între realitatea exterioară și sistemul nervos. Rolul aparatelor receptoare este ca, pe de o parte, să primească cît mai repede, mai complet și mai diferențiat influența unei anumite categorii de fenomene, iar pe de altă parte, să transforme aceste influențe — mecanice, chimice etc. — în influențe care să aibă cea mai mare eficacitate asupra aparatelor nervoase.

Primul element specializat al unui organ auditiv realizat de natură a fost timpanul.

Organe timpanale găsim la cosași, lăcuste, greieri, la anumiți fluturi, la cicadele care trăiesc în regiunile sudice.

La cosași, organele timpanale sînt așezate în tibiile picioarelor anterioare (penultimele articulații ale picioarelor). Două orificii lasă să pătrundă vibrațiile într-o încăpere în care niște membrane (rudimentele de timpane), întinse peste cavități de rezonanță (trahei) vor acționa, vibrînd, asupra unor celule senzoriale. Celulele senzoriale vor transmite senzațiile nervului specializat, nervul timpanal.

Astfel de organe se găsesc în tibiile lăcustelor și ale greierilor, în abdomenul cosașilor, în toracele unor fluturi din grupa Noctuide.

Aud, oare, insectele, în sensul în care vorbim despre acest simț al omului, disting ele tonuri, adică diferite

sunete după înălțimea lor, disting ele timbrul specific al unor anumite sunete sau zgomote?

Greu de răspuns. Nu se reduc toate acestea mai curînd la simple deosebiri de intensitate?

În orice caz timpanul, membrana vibratoare, indică apariția unei specializări în direcția perceperii sunetelor. La vertebrate, începînd cu clasa batracienilor (de ex. broaștele), astfel de membrane vor intra întotdeauna în structura organelor sonore.

De ce?

Pentru că membrana vibratoare reprezintă prima piesă de bază în constituirea unui organ auditiv, piesă care răspunde simplu și direct însușirii fundamentale a propagării sunetelor. Dacă în propagarea sunetelor totul se reduce la o succesiune unică de vibrații, indiferent de complexitatea sunetelor, de diversitatea instrumentelor producătoare de sunete, atunci o simplă membrană, așezată în calea undei sonore, va putea capta întreaga complexitate a informațiilor aduse de unda sonoră, supunîndu-se prin propria ei vibrație șirului de pulsații ale aerului.

Membrana vibratoare, timpanul, e în stare să săvîrșească, în domeniul recepționării sunetelor, aceeași minune pe care o săvîrșește în domeniul reproducerii sunetelor (în fabricație omenească) diafragma vibratoare a patefonului sau a difuzorului.

Cît disting și ce disting insectele cu ajutorul acestor organe timpanale ale lor? S-au făcut multe experiențe interesante în acest sens. Regen, un cercetător austriac, s-a ocupat de țîrîitul greierilor. Cu ajutorul unei plăci speciale el scotea niște sunete care, prin frecvența lor, erau apropiate de țîrîitul acestor insecte. Imediat, greierii masculi soseau în apropierea locului unde se produceau sunetele. Ca să dovedească faptul că țîrîitul joacă un rol important în viața acestor insecte, cercetătorul a așezat niște greieri în dreptul unui receptor telefonic. Țîrîitul lor era transmis prin telefon în altă încăpere. Femelele acestor insecte se

adunau imediat în jurul aparatului care reproducea sunetele caracteristice.

Un alt cercetător a constatat că, producînd anumite sunete, tulbura mersul furnicilor către furnicar. Ţînţarii masculi intră într-o vie agitaţie cînd se produc, cu ajutorul unor diapazoane, sunetele do_3, do_4, do_5. S-a constatat că aceste sunete sînt armonicele sunetelor produse de femelele ţînţarilor.

Dacă la nevertebrate auzul este un fenomen rar şi nesigur, la vertebrate se poate urmări o perfecţionare continuă a acestui simţ, de la o clasă de animale la alta.

La peşti există un mic organ, ca o băşică, aşezat în scobitura osului, pe cele două laturi ale capului, imediat înapoia ochiului. Băşica aceasta e sugrumată la mijloc, formîndu-se astfel două încăperi (cea de sus numită utricula şi din care pornesc trei canale în formă de semicerc — şi cea de jos numită sacula, cu o mică prelungire — lagena). Toate aceste încăperi sînt pline cu un lichid — endolimfa — în care plutesc grăunţe de calcar. Pe pereţii interni se află grupe de celule senzoriale, de la care pornesc fibrele nervoase înmănunchiate într-un nerv.

La ce servesc peştelui aceste organe? Dacă ne întoarcem la nevertebrate, vom găsi un organ asemănător la multe dintre ele: mici încăperi aşezate în diferite părţi ale corpului, în care nişte grăunţe de calcar ating terminaţiile nervoase. Dar la aceste animale s-a dovedit că astfel de organe, numite statociste, servesc pentru menţinerea echilibrului.

De ce n-ar avea aceeaşi întrebuinţare şi la peşti? Şi într-adevăr, cercetările dovedesc că şi la peşti simţul echilibrului se serveşte de acest aparat ca organ de simţ.

Dar cercetările mai dovedesc că acest aparat ia parte şi la perceperea vibraţiilor sonore. Distrugîndu-se la un peşte, partea de jos a săculeţului (sacula), peştele n-a mai reacţionat la sunete. Cînd însă s-a distrus utricula (încăperea de sus) şi canalele semicirculare,

reacțiile peștelui la sunete n-au dispărut. Din toate acestea rezultă că acest organ servește peștelui ca să recepționeze vibrațiile sonore, dar numai prin încăperea de jos, sacula, restul servind pentru simțul echilibrului.

Multă vreme toată lumea a fost convinsă că în apele mărilor și oceanelor domnește o liniște desăvîrșită. Cine să producă zgomote? Peștii sînt doar muți.

Și totuși, peștii nu sînt muți, cel puțin unii dintre ei. Peștii din speciile Crangon, Alpheus, Synalpheus emit împreună un sunet continuu, avînd o frecvență înaltă. În Sumatra trăiește peștele Therapon Theraps, care emite un zgomot, amintind pe cel al unui motor îndepărtat. Peștele Corvina Nigra, cercetat la Neapole, emite un sunet particular, ca o lovitură, în perioadele de reproducere.

La ce ar servi sunetele acestor specii de pești muzicanți, dacă n-ar avea un analizator să le înregistreze? Și, într-adevăr, un mare număr de cercetări întreprinse în ultimii 30 de ani, au dovedit că peștii aud — și, în general, aud toți peștii, nu numai cei care emit sunete.

S-au stabilit chiar limitele capacității auditive la diferite specii de pești, folosindu-se metoda reflexului condiționat. Un sunet anumit este asociat cu hrănirea peștelui (sau cu alt excitant necondiționat). Dacă, după un număr de asocieri, sunetul determină singur reacția animalului, adică devine semnal (excitant condiționat) aceasta înseamnă că animalul (peștele, în cazul de care ne ocupăm) percepe sunetul. S-a stabilit astfel că somnul percepe sunete pînă la 13 000 vibrații pe secundă, porcușorul pînă la 5—6 000, carasul pînă la 3—4 000, mihalțul pînă la 2 500.

În ce măsură e vorba de senzații de tipul senzațiilor noastre sonore, distingîndu-se de o simplă sensibilitate tactilo-vibratorie, e greu de spus.

Faptul principal, însă, este că un aparat de tipul acesta care, la vertebratele inferioare îndeplinea o anumită funcție (în serviciul echilibrului) se dovedește

la un moment dat, în evoluția filogenetică, potrivit să servească și pentru alte categorii de fenomene. Organul acesta „cumulează" și o a doua funcție, lucru pe care îl face posibil însăși structura sa.

Datorită statocistului nevertebratelor sînt înregistrate schimbări de poziție, rotirile corpului, zguduirile. Lichidul din cavitate, pus în mișcare, acționează mai ales prin grăunțele sale de calcar asupra celulelor senzoriale. Dacă, însă, finețea activității celulelor senzoriale și a fibrelor nervoase e destul de mare, de ce n-ar înregistra ele și zguduiri mai mărunte și oscilări mai delicate ale lichidului și grăunțelor de calcar? Iată cum trecerea de la un simț al pozițiilor la simțul specializat al vibrațiilor devine o chestiune de grad de sensibilitate. Același tip de aparat poate fi adaptat și pentru o nouă întrebuințare: înregistrarea vibrațiilor.

Aparatul, așa cum se găsește el la pești, e încă rudimentar. Nu e decît vechiul organ de echilibru, puțin modificat, adaptat și pentru înregistrarea acestei categorii de fenomene.

Lichidul din veziculă, vibrînd sub influența vibrațiilor apei în care trăiește peștele, va acționa asupra celulelor senzoriale, iar excitațiile născute vor fi trimise la creier pe calea nervului.

Iată că natura dispune acum de două dispozitive, de tipuri diferite, care ambele servesc transformării vibrațiilor în mesaje nervoase.

La insecte — clasa aflată pe treapta cea mai de sus a dezvoltării nevertebratelor — găsim membrana vibratoare, timpanul.

La pești — clasa cea mai de jos în dezvoltarea vertebratelor — găsim săculețele cu lichid vibrator, vezicula auditivă.

Care dintre soluții e mai bună?

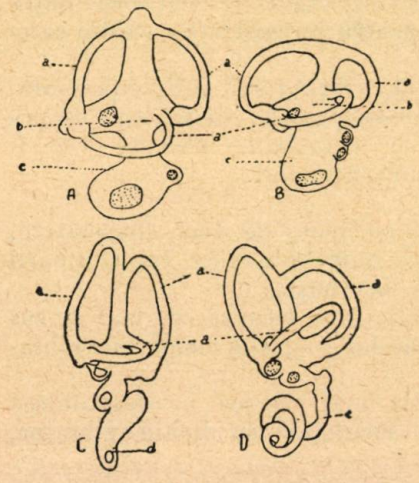
Organul auditiv al broaștei răspunde simplu acestei întrebări, reunind ambele dispozitive într-unul singur și folosind avantajele și ale unuia și ale celuilalt.

Timpanul e mai potrivit să primească, vibrînd, variaţiile de presiune ale aerului. El va fi păstrat în noua combinaţie, cu acest rol. Finele grăunţe de calcar, puse în mişcare de lichidul în care înoată, sînt mai potrivite pentru a excita direct celulele senzoriale. Ele vor îndeplini acest rol în noul aparat.

Şi astfel, vibraţiile aerului vor fi preluate, în aparatul auditiv al broaştei, de membrana vibratoare, de timpan, aşezată la exterior.

Timpanul nu comunică direct cu săculeţul de lichid. Un oscior, columela, este cel care face legătura. Acesta e prins cu un capăt de timpan şi cu celălalt e aşezat într-o ferestruică, fereastra ovală, ce dă în săculeţ. Vibraţiile aerului sînt transmise osciorului, iar acesta, prin fereastra ovală, le transmite lichidului din săculeţ. Lichidul, la rîndul său, excită celulele senzoriale cu care e în legătură.

Urechea are acum două părţi: partea internă, urechea internă, formată din cele trei compartimente ale săculeţului cu lichid (utricula, sacula şi canalele semicirculare) şi urechea mijlocie, separată de urechea internă prin fereastra ovală, şi care cuprinde timpanul şi un oscior de legătură (între timpan şi fereastra ovală).



23. Evoluţia urechii interne la vertebrate: A — peşte; B — broască; C — pasăre; D — mamifer; a — canalele semicirculare; b — utricula; c — sacula; d — lagena; e — melc.

Încăperea, cuprinsă între timpan şi fereastra ovală, adică urechea mijlocie, comunică şi ea cu exteriorul

printr-un canal lung și subțire numit trompa lui Eustache care se deschide în faringe. În felul acesta, în încăperea urechii mijlocii presiunea aerului va rămîne egală cu presiunea atmosferică.

Cu organul său auditiv broasca aude destul de bine. Ea reacționează în primul rînd la zgomote care amintesc orăcăitul, cum ar fi de pildă clipocitul apei turnate dintr-un vas în altul. La tonuri pure, însă, nu reacționează. N-aud broaștele astfel de tonuri pure (emise de un diapazon)? Ba le aud. Dar aceste tonuri nu au o semnificație biologică, nu anunță, nu semnalizează nimic și de aceea broasca rămîne indiferentă la ele. De unde știm însă că broasca poate, cu ajutorul analizatorului auditiv, să perceapă tonurile pure? Reflexul condiționat rezolvă problema. Ce se va întîmpla dacă unui ton pur i se va da o valoare de semnal, adică dacă tonul pur va fi asociat cu hrana? Și într-adevăr, după mai multe asemenea încercări, se ajunge ca și tonurile pure — investite de astă dată cu atribuția de semnale — să provoace reacția broaștelor.

La reptile — la șopîrlă, de pildă — nu se înregistrează progrese importante. Organul auzului, format tot din urechea internă și urechea mijlocie, seamănă cu al broaștei. Ceva însă atrage atenția: mica prelungire a săculețului — lagena — care pînă acum părea să nu aibă nici o importanță, apare de astă dată mai pronunțată. Se distinge mai bine, se conturează mai precis.

Va servi, oare, acest lucru la ceva? Are acest fapt vreo legătură cu auzul? Vom vedea.

La păsări, la prima privire, nimic nou. Ei, dar iată: timpanul nu mai este așezat chiar la suprafața capului. Pînă la el, aerul este condus printr-un scurt canal, un fel de pîlnie. Apoi încăperile urechii interne sînt mai bine despărțite. Ele comunică acuma doar printr-un orificiu foarte îngust. În sfîrșit, prelungirea aceea a saculei — lagena — a devenit un tub destul de lung, încovoiat în sus.

Cu perfecționările apărute, păsările aud foarte bine. Un porumbel dresat ajunge să distingă o diferență de

un semiton, după cum arată cercetătorul Vasiliev. Păsările cîntătoare au un auz și mai fin. Ele pot ajunge să distingă diferențe de înălțime între tonuri mergînd pînă la un procent de trei vibrații la mie.

Mai importante sînt progresele la mamifere.

Pîlnia scurtă de conducere a aerului spre timpan a devenit acum un tub lung, bine pronunțat — canalul auditiv extern. În afară se află pavilionul urechii (ceea ce în limbajul comun poartă numele de ureche), o pîlnie al cărei rol este de a strînge dintr-o regiune cît mai mare undele sonore pentru a le dirija spre interior. Pavilionul urechii și canalul auditiv extern, care nu există la pești, la batracieni, la reptile, reprezintă o nouă formație a organului auditiv — urechea externă. În fundul canalului întîlnim timpanul. Dincolo de timpan pătrundem în încăperea urechii mijlocii. Dar aici, în loc de un singur oscior, găsim un lanț de trei oscioare: ciocănelul, sprijinit de timpan, scărița, sprijinită de fereastra ovală, și nicovala care le leagă pe amîndouă. Partea alungită a saculei a devenit acum un tub de sine stătător, în formă de spirală, semănînd cu un melc. Întîi timpanul, apoi săculețele cu endolimfă și grăunțe de calcar și, în sfîrșit, pîlnia urechii externe reprezintă dispozitive prin care undele sonore sînt culese cu cea mai mare grijă, pentru a nu se pierde nimic nici din energia vibrațiilor, nici din bogăția lor de nuanțe. Contează variații de presiune egale cu a miliarda parte din presiunea atmosferică! Contează deplasări egale cu a zecea mia parte dintr-un milimetru!

Timpanul din urechea omului este o membrană cu o grosime de 0,1 mm., de formă ovală, cu o suprafață de 75 mm^2. Suprafața ferestrei ovale este mult mai mică (3 mm^2). În felul acesta, întreaga energie colectată de pîlnia urechii externe se va concentra întîi asupra timpanului și apoi asupra micii ferestre ovale. Întregul sistem joacă rolul unui concentrator și amplificator de energie. Cele mai fine detalii ale vibrațiilor sînt astfel reținute și transmise lichidului din urechea internă.

Dacă totul s-ar reduce la diferențe de energie determinate de variațiile de amplitudine și frecvență a vibrațiilor, atunci lumea sunetelor s-ar reduce la un simplu și interminabil murmur uniform.

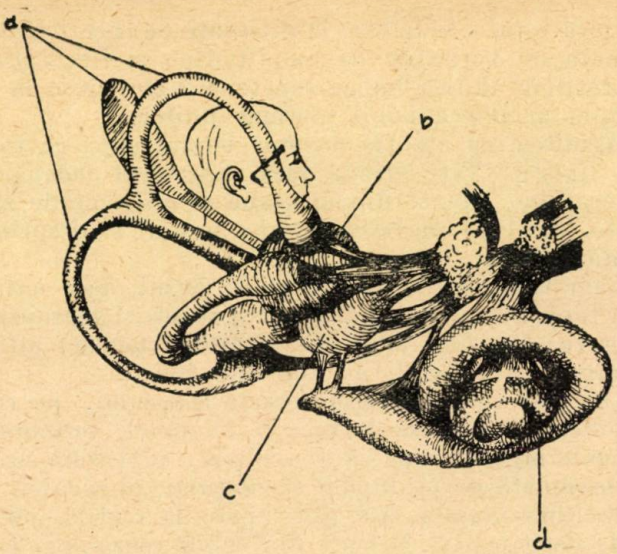
Ascultați cu atenție noaptea tîrziu, după ce totul s-a liniștit. Veți prinde încă murmurul îndepărtat al orașului, adunat din milioane și milioane de zgomote, din care urechea nu mai e în stare să desprindă nimic distinct.

Cam la atîta s-ar reduce poate auzul, dacă natura s-ar fi oprit la aparatul de colectat sunete și de transmis vibrații. Insectele care aud, poate că nu aud altfel. Poate că nici peștii nu aud mai bine.

Dar iată că în evoluția aceasta a auzului, pe care o putem urmări așa de bine la animalele vertebrate, un mic organ începe să se schițeze: adîncitura aceea neînsemnată de pe fundul săculețului, al saculei. În adîncitura aceasta, așa cum apare la reptile, nu se vede decît o pată formată din celule senzoriale, cum întîlnim și în alte puncte ale încăperilor urechii interne. La păsări, regiunea aceasta sensibilă începe să fie destul de pronunțată. La mamifere, însă, vedem un organ de sine stătător, un tub răsucit în formă de spirală, semănînd cu un melc. Tubul acesta e despărțit în două jumătăți de o placă osoasă fină, care merge de-a lungul întregului tub, răsucindu-se odată cu el. Lama aceasta nu izbutește însă să separe complet cele două etaje. O membrană, membrana bazilară, umple golul și astfel întregul tub este despărțit în două canale. Și pentru că cele două canale urcă răsucindu-se, semănînd cu scara interioară a unei locuințe, ele mai poartă numele de scări sau rampe.

Cele două scări comunică cu cavitatea urechii mijlocii. Scara de sus, prin fereastra ovală, iar scara de jos printr-un al doilea orificiu, fereastra rotundă, acoperită cu o membrană subțire (ca un al doilea timpan).

Pornind de la cele două ferestruici, scările se răsucesc, urcîndu-se în sus. La vîrful melcului, scările comunică printr-un mic orificiu — helicotrema. Scara

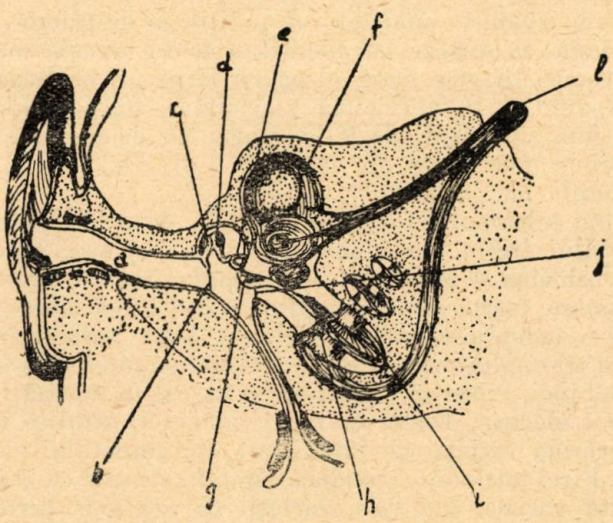


24. Structura urechii interne la om: a — canalele semicirculare; b — utricula; c — sacula; d — melcul.

de jos poartă numele de rampă timpanică, deoarece comunică cu fereastra rotundă (al doilea timpan), iar scara de sus se numește rampă vestibulară, pentru că ajunge, urcînd, în vestibul (așa se numesc, cu un cuvînt, cele două încăperi ale utriculei și saculei). Rampa vestibulară este ea însăși despărțită de o membrană subțire — membrana lui Reissner — în două, formîndu-se un canal mai îngust — canalul cochlear, și un canal mai mare care păstrează numele de rampa vestibulară. Aci, în canalul acesta, cuprins între rampa timpanică și rampa vestibulară, se află dispozitivul minunat care, împreună cu porțiunile corespunzătoare ale sistemului nervos central, va rezolva cea mai complicată problemă a auzului: distingerea tonului, a timbrului, identificarea instrumentelor care produc complexul de sunete auzite la un moment dat. Acesta este organul lui Corti.

Celulele senzoriale ale auzului nu sînt neuroni, nu sînt celule nervoase. Ele sînt celule senzoriale secundare. La aceste celule sosesc dendritele unor neuroni — primul eșalon de neuroni ai auzului — ale căror corpuri celulare se află în ganglionul spiral, așezat chiar în osul central al melcului. Neuronii aceștia care preiau, deci, de la celulele senzoriale, mesajele vibrațiilor prin dendritele lor scurte, comunică mai departe mesajele lor prin axoni, axoni lungi care ajung pînă la bulb.

Alte fibre nervoase, provenind însă de la canalele semicirculare și de la vestibul (utricula și sacula), apucă și ele pe același drum și astfel, toate aceste fibre se înmănunchează într-un singur nerv, nervul VIII auditiv, care merge la bulb. După cum se vede, nervul e format din confluența a două căi, a două ramuri: ramura auditivă (sau cochleară) provenită de la melc



25. Structura generală a urechii: a — canalul auditiv extern; b — timpanul; c — ciocanul; d — nicovala; e — scărița; f — canalele semicirculare; g — fereastra ovală; h — rampa vestibulară; i — melcul; j — fereastra rotundă; l — nervul auditiv.

și aducînd mesajele auditive și ramura vestibulară care, după cum vom vedea, aduce mesajele echilibrului. Nervul VIII, numit nervul auditiv, îndeplinește de fapt două funcțiuni, servește de fapt doi analizatori: pe cel auditiv și pe cel al echilibrului.

În bulb se găsește al doilea eșalon de neuroni ai căilor auditive. De aici lucrurile se complică și nu vom urmări în amănunt drumul mesajelor auditive. Reținem că o parte din fibre, pornite din bulb, se termină în creierul mijlociu. Aci ele comunică cu căi motoare comandînd răspunsuri reflexe, automate ale capului la zgomote neașteptate. O altă parte ajunge la talamus, marea stație a căilor senzitive, unde o altă serie de neuroni va prelua mesajele și le va duce la scoarța cerebrală. În scoarța cerebrală mesajele auditive sosesc în lobul temporal, în zona special rezervată acestei atribuții.

Cum izbutește analizatorul auditiv să desprindă, să distingă, să sorteze, să identifice toată această masă de tonuri diverse care, clipă cu clipă, îl asaltează? Timpanul, prin mijlocirea oscioarelor, nu comunică, așa cum am văzut, decît un singur șir de variații de presiune, purtătoare ale atîtor solii diverse. Dar ce se întîmplă mai departe?

Cînd telefonul a fost inventat în a doua jumătate a secolului trecut, unii oameni de știință s-au gîndit că problema se rezolvă foarte simplu: nervul auditiv ar putea foarte bine îndeplini aceeași funcțiune pe care o îndeplinește firul telefonic. Dacă vorbim înaintea transmițătorului, placa, ataşată de miezul de fier al bobinei, vibrează și face să se nască, în bobină, un curent electric. Toate oscilațiile plăcuței metalice vor determina variații de intensitate ale curentului electric. Firul telefonului conduce curentul electric cu toate aceste variații ale sale, variații ce reproduc perfect variațiile vibrațiilor aerului și ale plăcuței. În punctul de sosire, în receptor, curentul, pătrunzînd în electromagnet datorită oscilațiilor, atrage mai mult sau

mai puțin plăcuța care, deci, va vibra exact ca plăcuța transmițătorului și va reproduce sunetele produse în fața ei.

De ce nu s-ar produce lucrurile la fel în aparatul de percepere a sunetelor, în analizatorul auditiv? Vibrațiile transmise prin intermediul timpanului, al celor trei oscioare, al endolimfei ar putea face să apară, în celulele senzoriale ale organului lui Corti, un curent nervos. Oscilațiile acestui curent ar putea reproduce perfect oscilațiile de intensitate și frecvență ale vibrațiilor. În punctul de sosire, în scoarța cerebrală, urmează să aibă loc operația de analiză, de interogare a undei în privința diverselor izvoare care i-au dat naștere.

Aceasta a fost, de pildă, părerea lui Rutherfort (1886) și mai recent a lui Boring (1926).

Dar încă în secolul trecut, Helmholtz emite o ipoteză diferită.

Teoria telefonică nu rezolvă în fond problema analizei sunetului complex, nu arată care este mecanismul acestei analize în sistemul nervos. Ea nu face decît să-i restrîngă locul de desfășurare — scoarța cerebrală — considerînd că de la organul receptor, pînă la centru, lucrurile sînt clare: nervul transmite oscilațiile fără nici o analiză, asemenea firului telefonic.

Helmholtz susține că aparatul de analiză trebuie să fie situat chiar în organul receptor, urmînd ca scoarța cerebrală să primească veștile după ce au fost separate și sortate, după tonuri și timbre. Soluția pe care o propune el, ingenioasă și simplă — inspirată din cercetările sale privitoare la fenomenele sonore — este aceasta:

Procedeul folosit de ureche în procesul de analiză a complexului sonor, de diferențiere și identificare a tonurilor, se bazează pe același fenomen pe care-l folosește și cercetătorul în laboratorul său de fizică pentru analiza sunetului complex: fenomenul de rezonanță.

Unda sonoră unică își dezvăluie componentele, din contopirea cărora s-a născut, cu ajutorul unui grup de rezonatori. Fenomenul de rezonanță va intra în joc și fiecare ton, care participă la compoziția amestecului de sunete, va face să vibreze unul din rezonatori, rezonatorul care-i corespunde.

Pentru a fi posibil ca și urechea să folosească acest procedeu în analiza amestecului de tonuri, este necesar ca analizatorul auditiv să posede următoarele dispozitive:

În primul rînd, un sistem de rezonatori, adică de elemente avînd fiecare o frecvență proprie de vibrație și deci vibrînd fiecare, prin rezonanță, sub acțiunea unui anumit ton. Dacă omul distinge cîteva mii de tonuri diferite, este necesar să găsim, undeva în ureche, cel puțin tot atîtea piese sub formă de cutioare de rezonanță, sau de coarde (ca la pian).

În al doilea rînd, trebuie ca de la aparatul periferic care realizează această analiză fizică, pînă la stațiunea centrală, fiecare ton să-și aibă propria sa cale nervoasă. Dacă, după ce amestecul de sunete a fost desfăcut în diferitele tonuri care-l compun, aceste tonuri n-ar dispune decît de o cale unică (cum e firul telefonic), atunci s-ar contopi din nou într-o undă unică și toată operația devine inutilă. Așadar, dacă ipoteza lui Helmholtz este adevărată, atunci trebuie să găsim în nervul auditiv cîteva mii de grupe diferite de fibre nervoase, fiecare grupă „acordată" pentru alt ton.

Avînd în vedere asemenea condiții, soluția lui Helmholtz, deși seducătoare prin ingeniozitatea ei, poate apărea cam extravagantă.

Care este aparatul care poate juca rolul sistemului de rezonatori?

Helmholtz e de părere că l-a găsit: în melc se află o membrană, membrana bazilară, pe care sînt așezate celulele organului lui Corti. Membrana aceasta desparte spiralele melcului în cele două rampe. Ea e formată, într-o anumită zonă a ei, din fibre elastice extrem de fine, întinse asemenea unor coarde, în

număr de aproximativ 24 000. Lățimea membranei și deci lungimea fibrelor crește dinspre bază spre vîrf, amintind astfel o harpă cu coardele ei, sau un nai.

Fibrele membranei bazilare, după teoria lui Helmholtz, ar fi „acordate" fiecare pentru alt ton. Fibrele scurte, de la bază, ar corespunde sunetelor înalte, iar cele mai lungi, de la vîrf, sunetelor joase. Astfel, sub influența unui sunet complex sau a unui amestec de sunete, ar începe să vibreze acele fibre ale membranei bazilare care, prin rezonanță, sînt puse în mișcare de tonurile din care este constituit amestecul de sunete.

Celulele senzoriale, situate în dreptul fibrelor care vibrează, vor transmite fiecare, pe căi distincte, mesajul propriu către scoarța cerebrală.

Lucrurile s-ar petrece la fel ca și în cazul în care, în laborator, fiecare rezonator ar fi legat de o cale proprie de transmitere telefonică. Un tablou de înregistrare, format din tot atîtea becuri sau inscriptoare cîți rezonatori există, ar arăta care anume rezonatori vibrează — fiecare rezonator fiind legat individual de aparatul de înregistrare.

Se pune, însă, acum o problemă de tehnică și de economie.

Dacă analiza este periferică — cu ajutorul membranei bazilare — atunci e nevoie de un aparat foarte complicat de transmitere către scoarța cerebrală constituit din mii de fibre diferite, transportînd individual mesajele nervoase. Dacă analiza are loc chiar în scoarța cerebrală, atunci se realizează o mare economie în privința căilor de transmitere. Nervul auditiv ar transmite — asemenea firului telefonic — o singură succesiune de influxuri.

Ipoteza lui Helmholtz mai pune, însă, și alte probleme. Micuța membrană bazilară corespunde, prin structura ei, acestei complicate funcțiuni de descompunere a amestecurilor de sunete în mii și mii de tonuri diferite?

Fibrele cu lungimea cea mai mare nu întrec decît de trei ori pe cele mai scurte și calculele arată că, în

felul acesta, este imposibil să presupunem că variațiile de lungime ale fibrelor sînt suficiente pentru a asigura existența cîtorva mii de rezonatori independenți (sub forma fibrelor de lungime diferită) în structura membranei bazilare.

Dar la deosebirile de lungime s-ar putea adăuga și deosebirile de tensiune. Fibrele ar putea fi mai mult sau mai puțin întinse. Se știe că sunetul emis de o coardă este cu atît mai înalt cu cît coarda e mai întinsă.

Dar nici această presupunere n-a rămas în picioare. Observațiile directe au respins-o. Poate că există deosebiri de masă între fibre, deosebiri de densitate, de grosime? Nimic din toate acestea nu s-a putut dovedi. Structura membranei bazilare nu corespunde ipotezei lui Helmholtz.

Și, în sfîrșit, în 1930, doi cercetători, Wever și Bray, descoperă un fenomen deosebit de interesant, care vine și el în sprijinul teoriei transmiterii telefonice în analizatorul auditiv.

Ei introduc electrozi în melcul urechii unei pisici și leagă electrozii cu un telefon. Folosind amplificatori potriviți, cercetătorii constată că vorbind în dreptul urechii animalului, telefonul va reproduce întocmai vorbele, adică sunetele pronunțate, cu intensitatea, înălțimea și timbrul corespunzător. În această experiență melcul urechii interne se comportă exact ca un microfon. Vibrațiile aerului dau naștere în melc unor potențiale electrice care, amplificate și transmise telefonului, vor determina reproducerea vibrațiilor.

Așadar, toate sînt clare. Ipoteza lui Helmholtz nu se poate susține pentru că structura membranei bazilare nu e corespunzătoare. Wever și Bray se socotesc îndreptățiți să susțină că, în schimb, „efectul microfonic al melcului" este dovada cea mai bună că analiza sunetului este un fenomen central, un fenomen care are loc în scoarța cerebrală, iar transmiterea de la melc la scoarța cerebrală se face după tipul transmisiei telefonice, cu ajutorul potențialelor electrice ce se

nasc în melc. Teorie mai simplă decît cea a lui Helmhotz și care lasă pe seama scoarței cerebrale, unde tot se petrec atîtea fenomene misterioase, și întreaga sarcină a analizei sunetului complex.

Toate ar fi fost bune, dacă fibra nervoasă s-ar fi comportat într-adevăr ca un fir telefonic, ca un conductor electric.

În firul telefonic variațiile de potențial reproduc perfect frecvența și forma undei sonore. Înregistrînd aceste variații de potențial, obținem o curbă identică cu curba care înregistrează variațiile corespunzătoare de presiune ale aerului.

Influxul nervos nu se lasă, însă, modulat. El nu reproduce docil variațiile de intensitate ale excitantului. După cum se știe, aplicînd asupra fibrei nervoase un excitant avînd o anumită intensitate, în fibră ia naștere un potențial electric, care se propagă în tot lungul fibrei — influxul nervos. Acest potențial, care se propagă, este un potențial de vîrf, el reprezintă potențialul de amplitudine maximă.

Așadar, influxul nervos al unei fibre nu poate fi mai puternic sau mai slab și, deci, nu poate reproduce variațiile de intensitate ale sunetului.

În ceea ce privește însă frecvența influxurilor, acestea pot crește fie atunci cînd crește intensitatea stimulentului, fie atunci cînd crește frecvența însăși a stimulentului.

N-ar fi atunci posibil ca transmiterea mesajelor de la ureche la scoarța cerebrală să se facă folosindu-se această proprietate a fibrei de a repeta, prin propria ei frecvență, frecvența excitantului — în cazul nostru, frecvența vibrației? Sunetul la_3, de pildă, cu 435 vibrații pe secundă va da naștere, în pachetul de fibre al nervului auditiv, la 435 influxuri nervoase pe secundă. Sunetul do_3, de 261 vibrații pe secundă, va da naștere la 261 influxuri nervoase pe secundă. Mesajele acestea vor fi recepționate, cu frecvența respectivă, de scoarța cerebrală și noi vom auzi sunetul la_3 sau do_3.

Problema transmiterii variațiilor de intensitate s-ar rezolva astfel și ea, utilizîndu-se procedeul recrutării. Cu cît e sunetul mai puternic, cu atît sînt angajate mai multe fibre prin care să fie expediat mesajul sonor și cu atît este mai mare gradul de energie recepționat de scoarța cerebrală. Nervul auditiv, dispunînd de un stoc de 25 000—30 000 de fibre se vor putea obține toate variațiile de intensitate pe care urechea le distinge.

Astfel, nervul auditiv ar putea transmite creierului prin frecvența influxurilor, frecvența vibrației sonore și prin numărul de fibre recrutat în fiecare clipă, intensitatea vibrației sonore.

Teoria e foarte frumoasă... dar se izbește de un fapt peste care nu poate să treacă.

Cercetările dovedesc că frecvența descărcărilor, a influxurilor în fibra izolată urmează perfect frecvența stimulentului — în cazul nostru a unui sunet — dar aceasta numai pînă la 1 000 de vibrații pe secundă. Cercetările mai noi resping și această cifră, ca fiind prea mare.

Dacă frecvența stimulentului continuă să crească, fibra nervoasă nu o mai poate reproduce prin frecvența propriilor ei descărcări.

Ce ne facem cu sunetele mai înalte, constituite din vibrații care depășesc frecvența de 1 000 pe secundă, știind că urechea omenească prinde sunete pînă la o frecvență de 20 000 de vibrații pe secundă?

Wever și Bray, pentru a răspunde acestei probleme, au creat o teorie foarte ingenioasă — teoria salvelor.

Fibra nervoasă nu poate da mai mult de 1000 de descărcări pe secundă, pentru că fiecărei descărcări îi corespunde o perioadă refractară avînd o anumită durată și în cursul căreia fibra nu răspunde excitațiilor. Foarte bine. Pînă la frecvența de 1000 lucrurile sînt simple. Sunetul do_3, de pildă, cu 261 vibrații pe secundă, va declanșa în fibra nervoasă cîte un influx la fiecare vibrație, deci 261 de descărcări de influx într-o secundă. Sunetul la_3, cu 435 vibrații pe secundă, va

declanşa în fibra nervoasă 435 de descărcări de influx într-o secundă, şi aşa mai departe, pînă la sunetele cu o frecvenţă de 1000 de vibraţii pe secundă.

Dincolo de această frecvenţă fibra nervoasă nu mai poate face faţă.

Dar dacă fibrele acestea nu şi-ar declanşa influxurile toate odată, ci pe rînd?

Să presupunem că întregul pachet de aproximativ 30 000 de fibre al nervului auditiv ar fi împărţit în cinci grupe.

O vibraţie, o acţiune a stimulentului şi o grupă de fibre trage prima salvă de influxuri nervoase. Timp de, să zicem, o miime de secundă, grupa de fibre nu poate răspunde unei noi stimulări. Dar, în timpul acesta, o nouă grupă de fibre poate intra în acţiune descărcînd a doua salvă. Perioada refractară a primei grupe de fibre încă nu s-a terminat şi a treia grupă de fibre va intra în acţiune trimiţînd o a treia salvă. La fel a patra şi apoi a cincea grupă. În sfîrşit, perioada refractară a primei grupe s-a terminat şi poate intra şi ea în acţiune cu o nouă salvă.

Dacă fiecare grupă de fibre a tras într-o secundă 1000 de salve, aceasta înseamnă că întregul nerv va trage într-o secundă, după acest sistem, 5000 de salve.

Astfel, chiar dacă cercetările arată că o fibră nervoasă nu poate produce mai mult decît 1000 de influxuri pe secundă, nu ar fi posibil ca totuşi nervul întreg, printr-o justă eşalonare a „salvelor" de influxuri, să ajungă la frecvenţele mari de 15—20 000, cerute de frecvenţele vibraţiilor sonore?

Să vedem ce spun faptele.

Cercetătorul înregistrează, de astă dată, potenţialele de acţiune ale nervului întreg sub acţiunea unui stimulent.

Într-o perfectă sincronizare, descărcările în nerv corespund acţiunilor stimulentului. Pe măsură ce frecvenţa stimulentului creşte, creşte şi frecvenţa descărcărilor în nerv.

Am ajuns la frecvența de 1000 de stimulări pe secundă.

Ce se va întîmpla dincolo de acest număr?

Ei bine, frecvența influxului în nervul întreg, spre deosebire de fibra izolată, continuă să corespundă perfect frecvenței stimulentului: 1500, 2000, 2500 de impulsuri pe secundă și nervul continuă să se țină bine: 1500, 2000, 2500 de descărcări de influxuri pe secundă. Cercetătorul continuă să crească frecvența influxurilor stimulentului. Ajunge la 3500... la 4000...

Nervul nu mai merge așa de bine. 4500... 5000... Nervul nu mai corespunde. Influxurile nervoase nu mai sînt sincrone cu impulsurile stimulentului. Devin haotice, neregulate.

Există o glumă: operația a reușit, dar pacientul a murit. Cam așa s-a întîmplat și cu teoria telefonică a lui Wever și Bray. Teoria „salvelor" a fost verificată. Numai așa se poate explica faptul că în nervul întreg continuă să existe o sincronizare a influxurilor nervoase cu impulsurile stimulentului, chiar pentru frecvențe de 2000—3000, deși fibra izolată nu poate transmite decît pînă la cîteva sute de influxuri (cum au dovedit cercetările recente). Numai că teoria „salvelor" nu salvează teoria analizei pur centrale a sunetului și a transmiterii telefonice în cadrul analizatorului sonor. Aceasta pentru simplul motiv că chiar cu acest procedeu al salvelor, nervul nu poate trece de frecvența de 4000 de influxuri pe secundă. Existența acestei limite: frecvența de 4000 de influxuri nervoase pe secundă în nervul întreg, face imposibilă susținerea teoriei telefonice, a teoriei după care nervul auditiv ar putea face față tuturor frecvențelor auzibile.

Cercetătorii sînt nevoiți să-și îndrepte din nou atenția asupra melcului.

Încă din 1925, cercetările școlii lui Pavlov (Andreev, Altuhov etc.) aduseseră date extrem de prețioase asupra rolului melcului în analiza sunetului.

Ce se va întîmpla cu reflexele condiționate, elaborate pentru sunete de diferite înălțimi (tonuri pure), dacă se vor distruge porțiuni limitate ale melcului?

Experiențele au fost făcute pe cîini. Cîinele este hrănit în timp ce se produce un anumit ton. După cîteva asocieri între tonul respectiv și hrănire, secreția glandelor salivare ale cîinelui va apare doar la simpla producere a tonului. În experiențele de care vorbim, s-au format la mai mulți cîini asemenea reflexe condiționate la tonuri pure diferite, începînd de la 50 de vibrații pe secundă pînă la cele mai înalte tonuri percepute de aceste animale.

După aceasta, cercetătorul a distrus melcul uneia din urechi. Faptul acesta n-a modificat cu nimic reflexele condiționate, la sunete, ale animalului respectiv. Melcul rămas întreg asigura mai departe perceperea și diferențierea tonurilor.

Apoi, cu un stilet fin, cercetătorul a început să distrugă porțiuni limitate ale melcului rămas intact. La unii cîini a distrus porțiuni de la baza melcului, la alții porțiuni din extremitatea superioară, la alții porțiuni din regiunea mijlocie a melcului.

Dacă ipoteza lui Helmholtz este justă și fiecare segment al membranei bazilare corespunde unei anumite frecvențe, deci unui anumit ton, atunci distrugerea unei porțiuni limitate a melcului — deci a unui segment limitat al membranei bazilare — trebuie să aibă, neapărat, ca urmare, pierderea reflexelor condiționate respective.

Și ce s-a constatat? Cercetările școlii lui Pavlov au dovedit în mod indiscutabil, prin metoda reflexelor condiționate, existența unei legături între diferitele regiuni ale melcului și diferitele tonuri percepute.

Distrugerea unui segment de la baza melcului duce la pierderea reflexelor condiționate pentru tonuri înalte. Cu cît este lezat melcul mai aproape de bază, cu atît sînt mai înalte tonurile la care dispar reflexele condiționate. La fel și pentru vîrful melcului, lezarea

acestei regiuni duce la pierderea reflexelor condiţionate pentru tonuri joase.

La un cîine la care s-a lezat regiunea mijlocie a melcului, s-a constatat că au dispărut reflexele condiţionate pentru toate tonurile pure cuprinse între 2260 şi 7500 vibraţii pe secundă, în timp ce, dincolo de aceste limite, tonurile continuau să producă reflexele condiţionate respective.

Mijloacele noi, perfecţionate, de studiu au adus probe directe, care au confirmat rezultatele obţinute de şcoala lui Pavlov, împotriva teoriei telefonice a auzului.

In 1943, Galambos şi Davis izbutesc să înregistreze cu ajutorul unor microelectrozi — a unor electrozi excepţional de fini — potenţiale de acţiune ale unor fibre separate din nervul auditiv.

O astfel de probă este decisivă. Dacă este adevărată teoria telefonică, atunci toate fibrele nervului trebuie să reacţioneze la fel pentru orice ton. Dacă este adevărată teoria după care amestecul de sunete este descompus în melc, fiecărui ton corespunzîndu-i o anumită regiune a melcului, atunci trebuie să existe pentru fiecare ton şi o fibră anumită în pachetul de fibre ale nervului.

Intr-adevăr, cercetătorii au izbutit să arate că sunete de diferite înălţimi declanşează influxuri în fibre diferite.

In pachetul de aproximativ 30 000 de fibre ale nervului acustic există cîte o fibră (sau mănunchi de fibre) pentru fiecare ton pe care urechea îl poate diferenţia. Avem fibre anumite nu numai pentru fiecare do diez sau fiecare si bemol, ci şi pentru toate zecile de fracţiuni intermediare între două tonuri pe care urechea omenească le poate distinge.

In sfîrşit, un cercetător (Bekessy) a izbutit să vadă membrana bazilară vibrînd!

El a umplut cavitatea melcului (din urechea unui cadavru — imediat după încetarea din viaţă) cu un lichid care conţinea praf de cărbune. După aceea a

aplicat un diapazon în vibrație pe scăriță (oscior al urechii mijlocii) și a urmărit cele ce se petrec în melc, cu ajutorul microscopului, folosind o iluminare specială (stroboscopică).

El a văzut vibrînd membrana bazilară, după cum prevedea teoria: vibrau numai anumite regiuni ale membranei bazilare, potrivit cu înălțimea sunetului folosit.

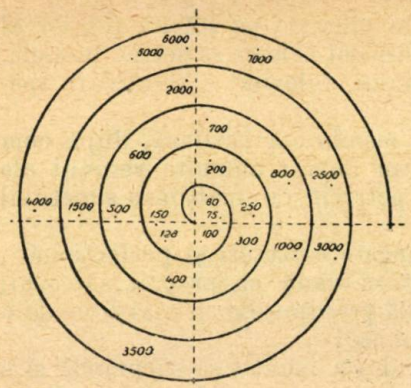
Astfel, după îndelungate cercetări și perfecționări, cercetătorul a izbutit să vadă cu proprii săi ochi, ceea ce o minte genială presupusese cu mai bine de o jumătate de secol înainte!

Și ochiul cercetătorului a izbutit să surprindă și o serie de secrete ale funcționării membranei bazilare, devenind astfel posibil să se risipească anumite nedumeriri ce apăruseră înainte.

Așa de exemplu, faptul că două sunete, avînd frecvențe apropiate, sînt percepute ca un singur sunet, de o frecvență intermediară, părea a ridica grave obiecții împotriva teoriei rezonanței. Din moment ce fiecărui ton îi corespunde în membrana bazilară o fibră (sau un grup de fibre) înseamnă că, ori de cîte ori se produce un sunet de o anumită înălțime, să vibreze numai fibra respectivă. Atunci cum e posibil ca două sunete, apropiate ca înălțime, să nu fie percepute separat și nici pur și simplu în combinație, ci doar ca un singur sunet deosebit de amîndouă?

Explicația stă în faptul că fibrele membranei bazilare nu sînt niște coarde separate, ca cele ale pianului. Cercetătorul a observat la microscop cum din punctul de vibrație al membranei bazilare, determinat de acțiunea unui anumit sunet, se răspîndesc valurile de vibrații, de o parte și de cealaltă a punctului inițial.

In realitate, membrana bazilară formează un tot și vibrațiile o animă în întregimea ei. Tonurilor diferite le corespund nu fibre distincte anumite, ci doar regiuni în care vibrația este maximă. Cînd se produc două sunete apropiate, atunci, în loc de valuri cu creste



26. Reprezentarea schematică a localizării frecvențelor în melc.

deosebite (puncte de vibrație maximă), ia naștere un singur val din contopirea celor două, avînd, firește, o singură creastă.

Cercetările au mai arătat că, pentru a înțelege întreaga complexitate a fenomenelor vibratorii din melc, trebuie să ținem seama de o acțiune reciprocă între lichidul melcului (în care se formează, în timpul vibrației, niște vîrtejuri complicate) și membrana bazilară. Numai avînd în vedere jocul complex al influențelor dintre endolimfă și membrana bazilară, se poate explica (ceea ce numai prin structura membranei bazilare, după cum am văzut, nu s-a putut explica) faptul că acest micuț organ este în stare să joace rolul unui sistem de mii de rezonatori.

Așadar, concluzia este clară: operația de analiză a complexelor de sunete sosite la urechc — de desfacere a undei unice în zecile de componente din care e formată — începe chiar în receptor, în urechea internă și procedeul folosit de natură este cel al rezonanței.

Membrana bazilară împreună cu endolimfa formează un sistem de cîteva mii de rezonatori, ce răspund fiecare, prin propria lor vibrație, unui ton anumit, unei frecvențe anumite. Membrana bazilară descompune, deci, sunetele, oricît de complexe ar fi ele, emise de un instrument muzical sau de o orchestră întreagă, de vocea unui om sau de un cor de sute de persoane, în tonurile simple din care sînt constituite, așa cum chimistul descompune în laborator diferite

substanțe în corpuri simple, pentru a le cunoaște compoziția.

Fiecare ton pune în mișcare alte fibre ale membranei bazilare. Fiecare grup de fibre, ce vibrează pentru un anumit ton, comunică cu anumite celule senzoriale și acestea trimit pe căi distincte mesajul nervos spre scoarța cerebrală. Aceasta înseamnă că și în scoarța cerebrală fiecare ton are un punct, un grup aparte de celule unde sosește și care, atunci cînd este excitat, dă naștere senzației corespunzătoare. Această micuță harpă-minune, care este membrana bazilară, trebuie să-și aibă deci o proiecție exactă, dar construită din elemente nervoase, în scoarța cerebrală.

In capitolul precedent, cititorul a văzut că pielea fiecărei jumătăți a corpului se proiectează pe scoarța cerebrală în emisferul de partea opusă: emisferul stîng primește mesajele sosite din partea dreaptă a corpului, iar emisferul drept primește mesajele din partea stîngă a corpului.

In cazul auzului, lucrurile sînt deosebite. Fiecare emisfer, în regiunea rezervată auzului, din lobul temporal, primește mesaje de la ambele urechi. In felul acesta, dacă un accident distruge, de pildă, zona auditivă din emisferul stîng, omul continuă să audă cu ambele urechi, pentru că zona auditivă din emisferul drept, rămasă întreagă, servește recepționării mesajelor de la ambele urechi. Dacă, însă, lobul temporal este distrus în ambele emisfere, surzenia este completă. Fiecare emisfer nu servește însă în aceeași măsură ambele urechi. Cercetările au dovedit că emisferul stîng servește *în special* elaborării senzațiilor auditive de la urechea dreaptă — și invers.

Probleme extrem de complicate ridică și înțelegerea mecanismului prin care analizatorul auditiv distinge diferențele de intensitate. După cum s-a văzut, aparatul receptor nu poate transmite creierului variații de intensitate, cu ajutorul variațiilor în intensitate ale

excitației ce străbate fibra nervoasă: influxul nervos se propagă în fiecare fibră numai cu puterea cea mai mare, cu potențialul de vîrf.

Cititorul își amintește că problema se punea la fel și în cazul analizatorilor care au receptorii în piele (atingere și temperatură).

S-a arătat atunci că, lipsind posibilitatea de a modela în intensitate influxul nervos, putem presupune alte două mijloace de transmitere a variațiilor de intensitate.

Odată cu creșterea intensității excitantului (acum e vorba despre intensitatea sunetului) poate să crească: *a*) numărul influxurilor trimise pe secundă printr-o fibră (frecvență), *b*) numărul fibrelor care transportă influxurile. Dacă pentru a efectua un transport nu avem decît vagoane cu o capacitate limitată, putem transporta mai multă marfă dacă *a*) transporturile pe același traseu sînt mai dese, *b*) folosim mai multe trasee, mai multe căi.

In ambele cazuri va ajunge la destinație, într-un timp dat, mai multă marfă. Firește că cele două procedee se pot combina.

Care este procedeul folosit de ureche?

Adepții teoriei telefonice a auzului susțin, după cum ne amintim, că în nervul auditiv variațiile de frecvență ale influxurilor urmează fidel variațiile de frecvență ale sunetelor. Un sunet mai înalt, rezultînd dintr-un număr mai mare de vibrații pe secundă, produce un număr corespunzător, mai mare, de influxuri, pe care nervul auditiv le transportă la creier. Așadar, susțin adepții acestei teorii, dacă e vorba de variații de intensitate, acestea se pot transmite prin procedeul recrutării: cu cît e mai puternic un sunet, cu atît iau parte la transmisie mai multe fibre ale nervului auditiv.

Lăsînd la o parte faptul că teoria telefonică în ansamblul ei nu se poate susține (nervul auditiv, așa cum s-a văzut, nu urmează frecvența vibrațiilor decît pînă la cîteva mii și nu pînă la 20 000, cît ar fi nevoie), dar

și explicația specială dată mai sus, în ceea ce privește variațiile de intensitate, se lovește de o obiecție gravă. Noi putem percepe, în același timp, mai multe sunete de înălțimi diferite, fiecare sunet fiind perceput cu intensitatea sa deosebită.

Acest fapt nu mai poate fi explicat printr-o activitate de ansamblu a nervului auditiv în transmiterea mesajelor sonore. Dacă în același timp percepem un sunet puternic și altul slab, înseamnă că nu mai poate fi vorba de o recrutare globală de fibre care să transporte, în raport cu numărul lor, variațiile de intensitate. Ar trebui ca un ton să folosească un pachet de fibre și celălalt să folosească alt pachet de fibre, tonul mai puternic folosind mai multe fibre din pachetul său, decît cel slab din al său.

Dar nu e vorba numai de două tonuri. Cînd ascultăm o orchestră, fiecare din instrumente participă la realizarea ansamblului muzical nu numai prin timbrul său și prin șirul de note pe care le execută, ci și prin intensitatea cu care cîntă.

Aceasta înseamnă că ajungem din nou la cealaltă teorie: analiza are loc începînd din aparatul receptor al urechii și pentru fiecare din cele cîteva mii de tonuri discernabile există o cale distinctă pînă la creier.

Dar iată ce arată calculele. Noi putem distinge, în cadrul fiecărui ton, o scară de intensități care, la anumite tonuri, ajunge pînă la cîteva sute de trepte.

Aceasta ar însemna ca fiecare din cele cîteva mii de căi distincte, servind fiecare unui ton, să fie formată din cîteva sute de fibre. Un ton va fi perceput mai tare sau mai slab după numărul de fibre cu care se va efectua transportul, din pachetul destinat tonului respectiv.

Să considerăm un număr minim de 2000 de tonuri ce pot fi deosebite de auz. Inmulțind 2000 numai cu o sută (trepte de intensitate discernabile de urechea omenească) obținem 200 000. Aceasta înseamnă că nervul auditiv ar trebui să fie format din cel puțin 200 000 de fibre.

Cercetările arată, însă, că nervul auditiv al omului nu dispune nici pe departe de un astfel de stoc. In realitate e vorba de numai 25 000 — 30 000 de fibre.

In concluzie: procedeul recrutării nu poate explica transmiterea variațiilor de intensitate de la receptor la creier nici în cadrul teoriei telefonice, nici în cadrul teoriei rezonanței.

Să ne gîndim acum la cealaltă ipoteză. Dacă pentru fiecare ton există un alt grup de fibre, atunci ar fi posibil ca transportul variațiilor de intensitate să se facă prin variații de frecvență: sunetul do, de pildă, va declanșa, în fibra destinată să-l transporte, influxuri cu atît mai dese, cu cît este mai puternic.

Soluția aceasta pare cea mai bună. Sutele de tonuri pe care urechea noastră le prinde în fiecare clipă (cînd ascultăm, de pildă, o orchestră) călătoresc separat spre creier, iar intensitatea acestor tonuri se traduce, se transmite prin frecvența influxurilor pe care fiecare sunet le declanșează în fibra sa.

Se pare, însă, că și această ipoteză se lovește de o obiecție. Arătam că, pînă la un anumit punct, frecvența influxurilor declanșate în fibră urmează frecvența vibrației. La o frecvență de 400 vibrații pe secundă, corespund 400 de descărcări de influxuri pe secundă. La 600 vibrații pe secundă corespund 600 influxuri nervoase declanșate, în fibră, pe secundă ș.a.m.d. Aceasta ar însemna că între frecvența influxurilor declanșate în fibrele nervului acustic și intensitatea sunetului nu e nici o legătură. Frecvența influxurilor n-ar depinde decît de frecvența vibrației și nu de intensitatea ei.

Dar nu este așa. In realitate, dacă sunetul este slab, nu apare un influx decît la mai multe vibrații odată, de exemplu la 10 vibrații odată. Pe măsură ce sunetul se întărește încep să apară influxuri la 5 vibrații odată, apoi la două vibrații odată, pînă cînd, atunci cînd sunetul devine destul de puternic, el declanșează cîte un influx la fiecare vibrație.

Astfel, se vede cum frecvența influxurilor, deși depinde de frecvența vibrației, depinde, în același timp, și de amplitudinea vibrației, adică de intensitatea sunetului. Teoria rezonanței, după care fiecare ton are o altă cale, alt grup de fibre prin care se transmite — intensitatea sa fiind transmisă prin frecvența impulsurilor declanșate — rămîne în picioare.

E posibil ca și recrutarea să joace un rol alături de variațiile de frecvență. Dacă distingem cel puțin două mii de tonuri și dispunem de 25 000—30 000 de fibre, înseamnă că fiecare ton poate folosi, pentru a ajunge la creier, un număr de fibre variind de la 1 la 12, potrivit cu intensitatea sunetului. Cele două modalități, recrutarea împreună cu variațiile de frecvență, pot asigura analizatorului auditiv capacitatea de a distinge cîteva sute de trepte de intensitate, alături de marea lui finețe în diferențierea sunetelor după înălțimea lor.

Se înțelege că și în cazul auzului ca și în cazul mesajelor pielii, scoarța cerebrală nu este o simplă stație de sosire și înscriere a veștilor.

O imensă activitate de înregistrare, de sortare, de diferențiere a mesajelor sonore este desfășurată aici, în funcție de valoarea semnalizatoare a fiecărui mesaj. In același timp, scoarța cerebrală sintetizează mesajele primite, le leagă în complexe cu semnificații unitare.

Acest minunat aparat de analiză a sunetelor, analizatorul auditiv, atinge astfel la om o extraordinară perfecțiune. Lui îi revine rolul de onoare de percepere a semnalelor verbale, de percepere a limbajului. Auzul joacă prin aceasta un rol fundamental în viața socială.

E vorba, în primul rînd, de zecile de sunete ale limbii pe care auzul le distinge, sunete care diferă adeseori între ele numai prin nuanțe delicate: vocale și consoane, vocale lungi sau scurte, închise sau deschise, consoane tari și consoane muiate, consoane surde sau sonore etc.

Numai jocul extrem de fin și de complex al excitației și inhibiției din scoarța cerebrală izbutește să desăvîrșească fina activitate de analiză începută de membrana bazilară.

Aceste sunete se asociază într-o imensă varietate de grupări complexe, sub formă de cuvinte, propoziții, fraze, pe care auzul e în stare să le distingă și să le recunoască cu o uimitoare iuțeală și precizie.

In mod obișnuit nu ne dăm seama de finețea de care dă dovadă auzul cînd ascultăm pe cineva vorbind în limba noastră. In primul rînd sunetele, cuvintele ne sînt foarte familiare. In al doilea rînd, noi urmărim înțelesul, ideea, faptele despre care ni se comunică și complicatul joc al miilor de sunete variate, din care ideea e țesută, rămîne în umbră.

Dar urmăriți pe cineva vorbind într-o limbă care vă e complet necunoscută. Veți rămîne uimiți de nemaipomenita complexitate a acestui flux de sonorități diverse din care e constituit limbajul.

Ești imediat tentat să te întrebi: Și există cineva care se poate descurca, există cineva care poate desprinde un înțeles, care poate reține rapid cuvintele, propozițiile, frazele? Și trebuie într-adevăr rapid, foarte rapid: dacă întîrzii numai puțin, înțelesul s-a dus, pentru că peste cuvîntul, la care ai poposit o clipă, au trecut alte și alte cuvinte, ducînd înțelesul cu ele. Intr-o singură secundă se perindă trei-patru cuvinte, adică 15—20 de sunete. In timpul acesta, deci, — într-o singură secundă! — urechea trebuie să prindă, să înregistreze, să analizeze 10 000—15 000 de vibrații.

Dar e numai atît? Gîndiți-vă la imensa varietate de stări emoționale pe care limbajul nostru le exprimă. Același cuvînt, aceeași frază poate avea nenumărate înțelesuri, poate exprima nenumărate atitudini diferite prin felul în care se pronunță.

Cînd, constatînd sosirea cuiva, exclami „Ai venit!", cîte nu pot exprima cele două cuvinte numai prin tonul cu care sînt pronunțate: mirare, încîntare, mînie, ură, descurajare, resemnare, speranță, plăcere,

ironie etc. O flexiune a vocii, un accent plasat într-o parte sau alta, alungirea unei vocale, coborîrea sau urcarea glasului și atîtea și atîtea altele, nuanțează expresia dînd mimică glasului, după cum strălucirea ochilor, jocul mușchilor feței, o vibrație a nărilor formează mimica feței noastre.

Un tremur al glasului, o șovăială de o fracțiune de secundă, pot trăda ascultătorului zbuciumul celui care vorbește, un gînd ascuns, o emoție înăbușită. Putem noi descrie toate aceste delicate nuanțe pe care limbajul e în stare să le comunice și pe care auzul omului a învățat să le surprindă și să le înregistreze? E vorba și aici de o semnalizare realizată de scoarța cerebrală, dar cît de complicată și de rafinată e această semnalizare!

Fiecare profesie își poate aduce contribuția ei în dezvoltarea auzului. Ceasornicarul duce ceasul la ureche și el știe, după bătaie, nu numai dacă ceasul e defect sau nu, dar după claritatea, după puritatea bătăilor, după rezonanța ceasului își dă seama dacă instrumentul e de calitate bună, dacă piesele sînt fin lucrate, dacă ansamblul e perfect reglat.

Mecanicul surprinde, într-o vibrație a motorului, imperceptibilă pentru urechea neexersată, un defect, o neregulă, sau numai posibilitatea unei deranjări.

Pleacă-ți fruntea pe pieptul unei persoane: vei auzi bătăile ritmice, puternice, ale inimii. Dar urechea medicului prinde o ușoară abatere de la ritmul normal, un suflu care-i trădează starea pacientului.

Patinorul recunoaște starea gheții după felul cum scîrțîie sub patinele sale, iar skiorul folosește pentru orientarea sa, în timpul zborului, șuieratul aerului.

Dar muzica? E vorba doar de faptul că urechea deosebește două tonuri ce diferă între ele numai cu trei, două sau chiar o singură vibrație la fiecare mie de vibrații? Că urechea poate deosebi între două clape vecine ale pianului 20—30 de sunete intermediare? Un dirijor surprinde greșeala — și ce greșală: de un sfert, de o optime de ton — comisă de unul dintre

instrumentiști în timpul executării unei bucăți muzicale, la care participă în același timp zeci de instrumentiști.

Dar numai atît? „Muzica trebuie să facă să țîșnească focul din creierul oamenilor", spunea marele Beethoven. Și muzica izbutește aceasta pentru că ea găsește mijloace mai bogate decît graiul însuși să răscolească în sufletele oamenilor și să găsească acolo aurul pur.

Cînd mijloacele graiului se dovedesc prea sărace, melodia, acordurile, ritmurile, tăcerile reprezintă încă un limbaj extraordinar de bogat, de subtil, izvorînd direct din adîncimile simțirii omenești și adresîndu-se direct „focului din mințile oamenilor".

Firește, e vorba în primul rînd de auz, dar nu numai de auz, ci de întreaga personalitate a omului în care muzica își află ecou.

MESAJELE LUMINII

Tot ce pe pămînt e viață și mișcare se datorește în primul rînd soarelui. Incălzind aerul în mod diferit, în diferite regiuni ale pămîntului, diferențele de presiune care iau naștere duc la formarea vînturilor. Incălzind apele, se formează vaporii, care adunați sub forma norilor vor da naștere ploilor. Apa ploilor va alimenta apele izvoarelor, rîurilor, mărilor și așa mai departe — formîndu-se din nou norii și din nori ploi și zăpezi. Toată această imensă circulație a apei, în natură, e pusă în mișcare de energia solară.

Viața plantelor n-ar fi posibilă fără lumina soarelui. Plantele își prepară hrana sintetizînd în celulele lor zahărul și amidonul din carbonul și apa ce se găsesc în natură. Această transformare a corpurilor neorga-

nice în substanțe organice, în componente ale substanței vii, se face numai cu ajutorul energiei solare. De aceea plantele caută lumina, își îndreaptă ramurile, frunzele către lumină, izvorul vieții lor. Unele plante, cum e floarea soarelui, urmăresc chiar mișcarea soarelui, astfel încît să primească tot timpul, din plin, lumina.

Animalele nu-și prepară singure, în corpul lor, substanțele organice din materie anorganică. Ele iau de-a gata aceste substanțe organice, hrănindu-se cu alte animale sau cu plante. Energia vieții lor provine, deci, în ultimă instanță, din energia solară.

Căldura, de care organismele vii au nevoie, provine, în primul rînd, de la soare. Lipsite de un grad suficient de căldură, organismele vii mor. Noaptea, omul înlocuiește lumina soarelui cu lumina lămpii de gaz, sau cu lumina becului electric. Iarna, el se încălzește la căldura obținută prin arderea lemnelor, a gazelor naturale, a păcurii. In toate aceste cazuri, tot soarele este izvorul prim de energie. Electricitatea procurată de hidrocentrale sau termocentrale folosește energia căderilor de apă sau cea acumulată de cărbuni. In ambele cazuri, tot soarele este cel care a constituit izvorul inițial. Căldura obținută, prin arderea lemnelor, gazelor, păcurii, nu este decît restituirea energiei solare absorbite de copaci în creșterea lor.

Viața are nevoie de lumină și o caută necontenit. Micuța Euglena (organism monocelular) care, datorită clorofilei pe care o conține, se poate hrăni prin fotosinteză (ca toate plantele) are o mică pată — numită stigmă, de culoare roșie sau cafenie — sensibilă la lumină. Cu ajutorul codiței — flagelul — Euglena se poate mișca liber prin apă, asemenea animalelor. Astfel, datorită punctului sensibil la lumină, micuțul organism descoperă prezența luminii și, folosind flagelul, înoată în direcția ei.

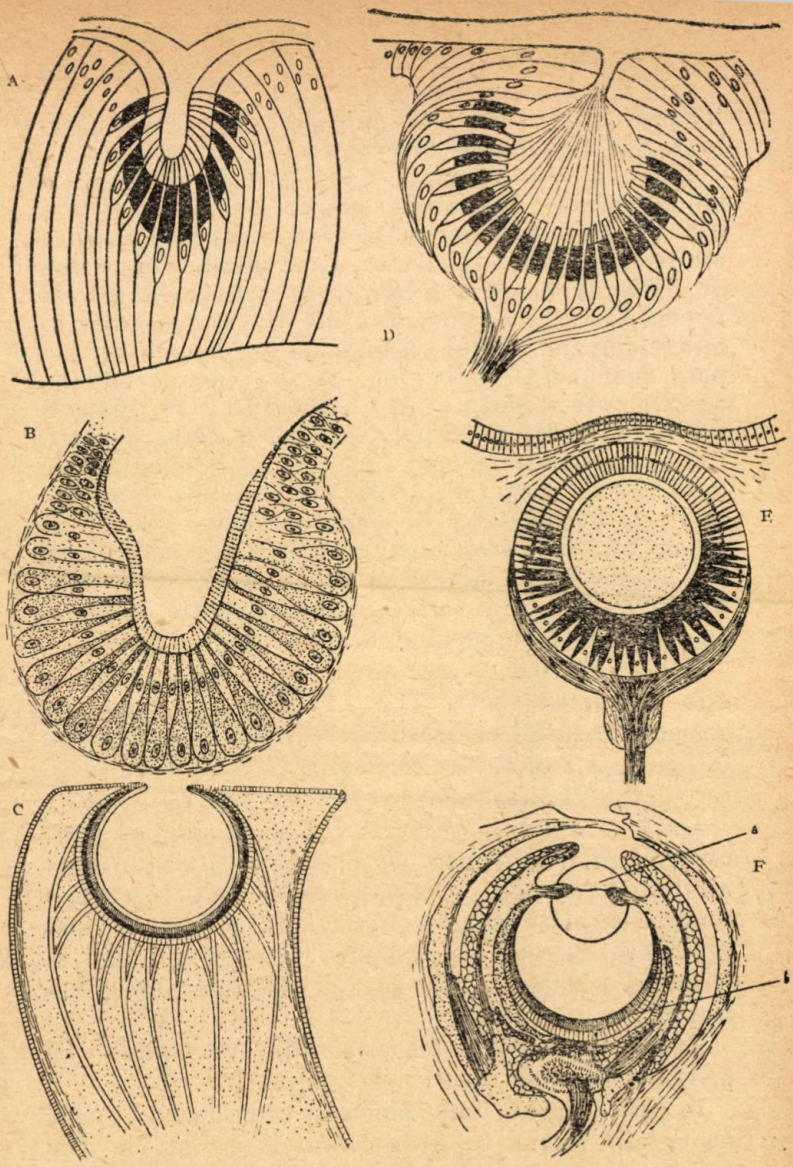
27. Euglena

Fără să determine în mod esențial hrănirea, ca la plante, lumina influențează în diferite feluri și viața animalelor. O lumină moderată, care favorizează procesele vitale, este în general căutată de animale. Lumina puternică este, însă, evitată. Căutarea sau evitarea luminii depinde uneori de anumite activități ale organismului. O specie de melc (Limax maximus) evită lumina, dar fuga de lumină încetează în timpul digestiei. O omidă (Porthesia) caută lumina, dar după ce a mîncat, lumina n-o mai atrage.

Pentru a reacționa în raport cu intensitatea luminii, adică pentru a căuta lumina potrivită sau pentru a fugi de lumina prea puternică, sînt suficiente celule sensibile la lumină, așezate la suprafața corpului. Dacă aceste celule se adună în grupe numai în anumite părți ale corpului, formînd petele oculare, atunci mișcările de răspuns ale animalului vor fi mai precis determinate de direcția din care sosește lumina.

La unele nevertebrate (la unii viermi, la unii melci) celulele vizuale sînt în așa fel așezate, încît se formează o mică văgăună — foseta vizuală. In această văgăună, celulele vor fi lovite de razele de lumină potrivit cu direcția razelor, ceea ce mărește precizia determinării acestei direcții. La steaua de mare, celulele vizuale se prelungesc cu niște bastonașe, iar în interiorul celulei apare o substanță — un pigment — de culoare roșie. Aceste celule sînt special adaptate pentru a deosebi intensitatea luminii.

În toate aceste cazuri, celulele sensibile la lumină îi folosesc animalului pentru a-i da posibilitatea să se miște în concordanță cu prezența luminii, obținînd cele mai mari foloase de pe urma ei, la fel cum datorită altor simțuri animalul reacționează la starea de umiditate sau de uscăciune, la starea de căldură sau de răceală a mediului în care se află etc. Reacționînd la razele luminoase, animalele inferioare reacționează ca la un agent din mediul exterior, important pentru viața



28. Diferite tipuri de ochi la animale nevertebrate: A — foseta vizuală la un vierme anelid; B — foseta vizuală la o moluscă gasteropodă (Patella); C — foseta vizuală la o moluscă cefalopodă (Nautilul); D — ochi de vierme anelid (Syllis); E — ochi de moluscă gasteropodă; F — ochi de moluscă cefalopodă (Sepia); a — cristalin; b — retină. →

lor prin însăşi natura sa, prin influenţa sa binefăcătoare sau dăunătoare asupra proceselor vitale.

Dar iată ce se întîmplă. Gropiţa cu celule foto-sensibile (sensibile la lumină) determină cu atît mai bine direcţia razelor de lumină care pătrund înăuntru, cu cît deschiderea ei e mai mică. Cînd intrarea în această văgăună devine foarte mică, se petrece următorul fenomen extrem de important pentru viaţa şi mişcarea animalului. Pe fundul văgăunii nu mai apare o simplă pată luminoasă, mai mult sau mai puţin intensă, aşezată într-o parte sau alta (măsurînd intensitatea şi direcţia razelor), ci apare imaginea însăşi a obiectului care trimite snopul de raze! Sigur, imaginea nu e încă precis conturată, liniile sînt încă grosolane, dar se iveşte posibilitatea de a folosi celulele vizuale nu numai pentru a determina măsura în care corpul este sau nu scăldat în lumină, ci şi pentru a folosi lumina ca un *mijloc* prin care organismul să fie informat despre prezenţa unor obiecte aflate în preajma sa.

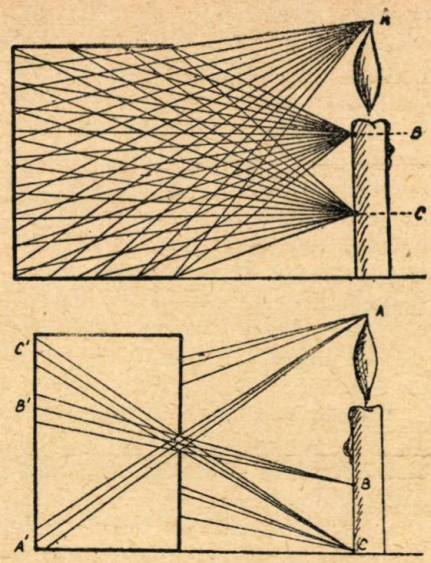
Camera obscură — căci despre aceasta este vorba — este primul dispozitiv creat de natură care permite animalului să folosească lumina şi altfel decît pentru influenţa ei directă, s-o folosească în calitate de vestitor, de sol al obiectelor de care este expediată.

Dacă în faţa unui geam mat aşezăm un obiect oarecare, de pildă o frunză, nu observăm pe geamul mat nimic. Dacă, însă, geamul acesta mat reprezintă fundul unei cutii avînd o mică gaură în peretele opus geamului, lucrurile se schimbă. Pe geamul mat se formează o imagine, mai mică şi răsturnată, imaginea frunzei!

Explicaţia acestui fenomen este următoarea. Să privim cele două figuri dela pagina 201.

In prima figură, între obiect şi ecran (geamul mat) nu se află nimic. Se vede că razele de lumină care pornesc din punctul A se răspîndesc în toate direcţiile acoperind astfel şi întreaga suprafaţă a ecranului.

Tot așa, razele care pornesc din punctele B, C și din toate celelalte puncte ale figurii. Mai e posibil să se formeze o imagine pe geamul mat? Se înțelege că nu. In fiecare punct al geamului mat nu ajung numai anumite raze pornind de la anumite puncte ale figurii, astfel încît să se poată desena o imagine. Fiecare punct al geamului mat primește raze de la toate punctele figurii și astfel toate se suprapun și se amestecă.



29. Sus — Răspîndirea razelor de lumină pe o suprafață ; Jos — Camera obscură.

In fig. 29 B lucrurile se schimbă. Razele provenite de la obiect nu pot pătrunde decît printr-un mic orificiu. Se vede astfel că razele pornite din punctul A nu vor mai acoperi întregul geam, pentru că sînt împiedicate să pătrundă, afară de un fascicol îngust. Este fascicolul care, trecînd prin orificiu ajunge pe geamul mat, în punctul A′, sub forma unei mici pete. La fel se întîmplă și cu razele provenite de la B și C și de la toate celelalte puncte ale obiectului. Pe geamul mat se vor forma mici pete de lumină, corespunzînd punctelor obiectului, care nu se vor mai amesteca și vor reda astfel înfățișarea obiectului.

Dar această soluție este departe de a fi perfectă.

Se vede în figură că fiecărui punct al obiectului nu-i corespunde chiar un punct pe geamul mat, ci o pată a cărei mărime depinde de mărimea orificiului. Cu cît

orificiul e mai mic, cu atît sînt mai mici și petele și astfel și întreaga imagine obținută e mai precisă. Numai că posibilitatea aceasta de micșorare e limitată. Cînd orificiul e foarte mic, intervine un alt fenomen — difracția — constînd în formarea în jurul petei de lumină a unor inele concentrice luminoase și întunecoase. Astfel, imaginea se tulbură din nou. Afară de asta, se înțelege că limitînd pătrunderea pînă la ecran a celei mai mari părți a razelor de lumină, imaginea obținută va fi mult mai întunecoasă decît obiectul însuși. Fiecare punct al imaginii de pe geamul mat e format numai dintr-o mică parte a razelor provenite de la punctul respectiv al obiectului. Restul razelor se pierde, fiind împiedicat să pătrundă.

Razele de lumină au minunata calitate că, înaintînd în linie dreaptă cu o viteză de neînchipuit, pot duce — nemodificată — imaginea punct cu punct a obiectului care le-a trimis.

Dar, după cum s-a văzut, trebuie să existe un dispozitiv cu ajutorul căruia să putem descifra veștile despre lumina, culoarea, forma obiectului ce expediază aceste raze.

Camera obscură, separînd razele provenite de la puncte deosebite ale unui obiect, are însă dezavantajul că această separație se realizează prin sacrificarea unei mari părți din lumina pe care fiecare punct al obiectului o difuzează.

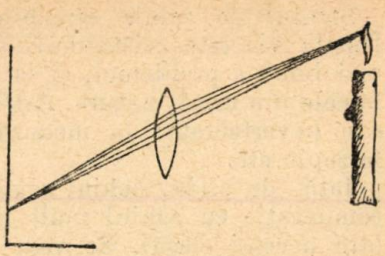
Și iată că natura găsește soluția perfectă: un instrument care poate realiza această separație, care poate reda punct cu punct, pe un ecran, imaginea obiectului folosind totuși, pentru fiecare punct al imaginii, cea mai mare parte din razele difuzate de punctele corespunzătoare ale obiectului — deci fără să sacrifice luminozitatea imaginii.

Acest instrument minunat este lentila.

Se știe că o rază de lumină străbătînd două medii de densități diferite (aer-apă, aer-sticlă etc.) se frînge la granița dintre cele două medii. Cît de mult se frînge raza și în ce parte se frînge, aceasta depinde de raza

însăși și de substanțele pe care le străbate.

Dacă în drumul razelor de lumină se așează o lentilă convexă, adică un obiect transparent (de ex. de sticlă), avînd fețele bombate (aceste fețe reprezintă porțiuni de sferă), atunci se petrece următorul lucru.



30. Formarea imaginii unui punct cu ajutorul lentilei.

Razele pornite dintr-un punct și risipindu-se în evantai pe fața întîlnită a lentilei, se frîng astfel cînd trec prin lentilă, încît sînt obligate să se adune tot într-un singur punct în partea opusă a lentilei. In felul acesta vom putea prinde pe un ecran, de partea cealaltă a lentilei, imaginea obiectului reprodusă punct cu punct. Soluția este diferită de cea a camerei obscure în care razele au acces doar printr-un mic orificiu. Cu ajutorul lentilei, imaginea punct cu punct a obiectului se obține printr-o *concentrare* a razelor provenite din fiecare punct al obiectului tot în cîte un punct al ecranului. In cazul micului orificiu al camerei obscure, imaginea punct cu punct se obține printr-o *sărăcire* mare a razelor pornite din fiecare punct al obiectului.

Pentru ca imaginea formată de lentilă să fie limpede și precisă, este însă necesar ca în locul formării imaginii să nu mai ajungă și alte raze de lumină ce ar trece pe lîngă lentilă (nefiind astfel supuse obligației de a se frînge și concentra).

Pentru aceasta este nevoie tot de o cameră obscură, adică de o cameră închisă din toate părțile și neagră în interior care, însă, în locul micuțului orificiu, va avea o lentilă de zeci de ori mai mare decît orificiul.

O astfel de cameră obscură prevăzută cu lentilă, avînd peretele din fund, pe care se proiectează imaginea, format din celule sensibile la lumină — este ochiul.

Stratul de celule sensibile formează retina, iar lentila vie este cristalinul. Aceasta este soluția cea mai bună a problemei, și la această soluție a ajuns, în cele din urmă, natura. Astfel de ochi există la diferite nevertebrate: la meduză, la viermii superiori, la sepie etc.

Iată, de pildă, ochiul sepiei (clasa Cefalopode) în comparație cu ochiul mult mai simplu de Nautilus (din aceeași clasă). Se vede cum ochiul sepiei este prevăzut cu o lentilă în formă de sferă, care va proiecta imaginea pe fundul ochiului, pe retină.

Camera obscură prevăzută cu lentilă reprezintă dispozitivul fundamental de recepționare a imaginilor vizuale. Acest dispozitiv nu cere decît o serie de perfecționări pentru a constitui un aparat perfect de reproducere a imaginilor.

Se pun aici multe probleme, dintre care cea mai importantă este următoarea: obiectul aflat în fața lentilei își proiectează imaginea în spatele ei, la o anumită distanță de lentilă. Dacă obiectul se depărtează de lentilă, atunci imaginea, situată de partea cealaltă, urmează parcă obiectul și se apropie de lentilă. Dacă obiectul vine mai aproape, atunci imaginea se va forma, de partea cealaltă a lentilei, mai departe. De aici rezultă că lentila nu va putea proiecta imaginea obiectului pe ecran (pe retină), decît dacă obiectul se află la o anumită distanță de lentilă. Dacă obiectul se depărtează, atunci imaginea se va forma înaintea retinei; dacă obiectul se apropie, imaginea se va forma în spatele retinei și retina însăși, cu celulele ei vizuale, nu va prinde imaginea.

Cum a rezolvat natura această interesantă problemă?

Cum a rezolvat omul, aceeași problemă, în cazul aparatului fotografic?

Soluția dată de tehnica omenească este următoarea: pentru ca să putem obține o imagine netă, clară a obiectului pe placa sensibilă a aparatului fotografic, indiferent dacă obiectul e aproape sau departe, distanța dintre obiectiv (lentilă) și placa sensibilă e

variabilă. Așa de pildă, la aparatele sistem „Leica", obiectivul este cel care se poate deplasa, apropiindu-se sau depărtîndu-se de placa fotografică, atunci cînd obiectul se depărtează sau se apropie.

Găsim aceeași rezolvare și la ochiul sepiei.

Distanța dintre cristalin și retină nu e fixă. Cristalinul se poate apropia sau depărta de retină, cu ajutorul unor mușchi speciali, realizîndu-se astfel ceea ce s-a numit acomodarea ochiului și care corespunde cu „punerea la punct" a aparatului fotografic.

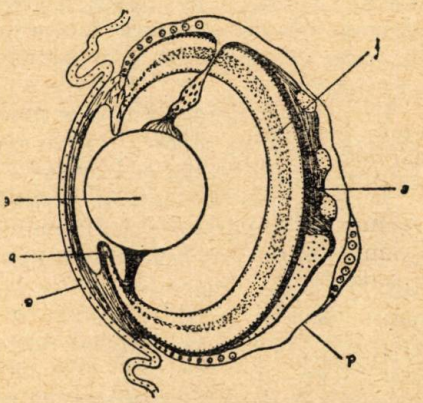
La vertebratele superioare, însă, punerea la punct, adică acomodarea, se realizează printr-un procedeu mai perfecționat. Procedeul acesta mai delicat și mai precis, pe care tehnica aparatelor fotografice nu-l mai poate folosi, constă în modificarea curburii cristalinului.

Cu cît o lentilă este mai bombată, cu alte cuvinte, cu cît raza de curbură e mai mică, cu atît e mai pronunțată frîngerea razelor de lumină și cu atît se formează imaginea mai aproape de lentilă.

În schimb, pentru a obține imagini proiectate la o distanță mai mare de lentilă, e nevoie de o lentilă mai puțin bombată, mai turtită.

Ceea ce nu se poate obține cu sticla lentilelor, poate realiza lentila vie a cristalinului.

La reptile, la păsări găsim ambele procedee: schimbarea distanței cristalinului față de retină și modificarea curburii cristalinului. La mami-



31. Ochi de pește (păstrăv): a — cornee; b — iris; c — cristalin; d — sclerotică; e — choroidă; f — retină.

fere, procedeul vechi este abandonat și nu mai apare decît cel mai perfecționat. Mușchiul ciliar care cuprinde cristalinul, destinzîndu-se sau strîngîndu-se, după necesități, modifică raza de curbură a cristalinului, făcîndu-l mai mult sau mai puțin bombat.

Cînd e vorba de vederea unor obiecte depărtate — în care caz imaginea s-ar forma în fața retinei — cristalinul se turtește ușor, aruncînd imaginea mai departe pînă cade pe retină. Cînd obiectul e apropiat și imaginea s-ar forma în spatele retinei, cristalinul se bombează, invitînd imaginea mai aproape, mai în față, astfel încît, de asemenea, să cadă pe retină.

Și încă nu e de ajuns. Aparatul de formare a imaginilor încă nu e complet.

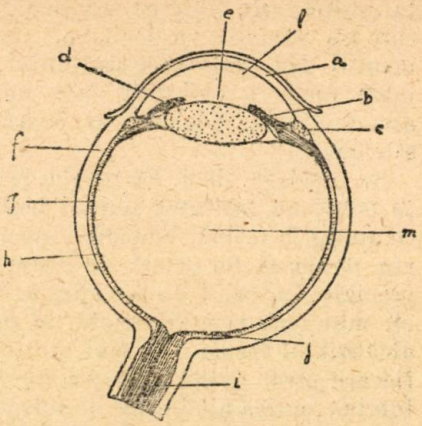
Cititorul, care a folosit un aparat fotografic, știe din proprie experiență — care uneori a fost neplăcută — că nu poți scoate o poză bună, dacă nu potrivești deschiderea diafragmei după intensitatea luminii. Dacă faci o fotografie în plin soare și deschiderea e mare, obții o fotografie albicioasă, în care amănuntele se pierd și contururile sînt neclare. Dacă, dimpotrivă, deschiderea diafragmei este prea mică față de necesități — de pildă, cînd facem o fotografie în cameră — atunci fotografia apare întunecoasă, cu mult negru, în care, de asemenea, nu izbutim să distingem decît prea puțin.

Un aparat fotografic bun trebuie să fie neapărat prevăzut cu un dispozitiv de reglare a cantității de lumină ce pătrunde în interior.

În procesul acesta de perfecționare a aparatului de format imagini (ochiul), cu care natura a înzestrat animalele s-a ivit necesitatea unui dispozitiv asemănător. Și acest dispozitiv apare într-adevăr, sub forma unui mușchi (irisul), avînd o deschidere rotundă (pupila), prin care pătrund razele de lumină. Fibrele musculare ale irisului sînt așezate unele circular, ca niște inele, altele radiar, ca niște spițe ale roții de bicicletă. Cînd pătrunde lumină prea multă, se strîng inelele, iar ferestruica, pupila, se micșorează. Cînd

lumina e slabă, se strîng spițele și se mărește astfel pupila, lăsînd să pătrundă mai multă lumină.

Ochiul omenesc, produs al unui îndelungat proces de perfecționare, este astfel un minunat aparat de prindere a imaginilor, asemănător în multe privințe aparatului fotografic, însă înzestrat cu dispozitive incomparabil mai fine, mai desăvîrșite.



32. Reprezentarea schematică a ochiului omenesc: a — cornee; b — iris; c — mușchiul ciliar; d — cristalin; e — deschiderea pupilei; f — sclerotica; g — choroida; h — retina; i — nerv optic; j — fovea l — umoarea apoasă; m — umoarea sticloasă.

Globul sferic al ochiului este învelit într-o membrană albă, rezistentă, cu grosimea de circa 1 mm, numită sclerotică. În partea din față, membrana aceasta devine fină, transparentă, bombată, pentru a permite pătrunderea luminii. Această parte a membranei învelitoare se numește corneea transparentă. Capsula albicioasă pe care o formează sclerotica, n-ar fi de loc potrivită pentru a îndeplini rolul unei camere obscure. Interiorul capsulei este însă tapisat cu o altă membrană, choroida, bogată în vase de sînge și cu mult pigment negru. Irisul nu este decît continuarea acestei membrane a choroidei. În sfîrșit, o a treia membrană, incoloră sau slab gălbuie, transparentă, căptușește la rîndul ei choroida. Această a treia membrană este retina. Ea formează placa sensibilă pe care cristalinul, așezat în spatele pupilei, își proiectează imaginile.

Globul este împărțit în două compartimente, care nu comunică. Compartimentul din față, înaintea cris-

talinului, este plin cu un lichid, umoarea apoasă, și care nu este altceva decît apă aproape pură. Compartimentul din spatele cristalinului, care ocupă cea mai mare parte a globului, este umplut cu o substanță asemănătoare gelatinei și poartă numele de umoare sticloasă.

Se înțelege, deci, că razele de lumină, care pătrund în ochi, nu întîlnesc numai lentila cristalinului pînă ce ajung la retină. Umoarea apoasă, cristalinul, umoarea sticloasă formează un sistem complicat, de mare precizie, cu rolul de a forma o imagine cît mai clară, cît mai fină și mai exactă pe retină. Cristalinul este alcătuit el însuși din mai multe straturi, ca o ceapă, fiecare strat avînd altă putere de frîngere a razei de lumină, adică alt indice de refracție.

Retina nu este altceva decît o rețea de sute de milioane de micuțe aparate, care transformă în influx nervos acțiunea razelor de lumină. Aceste aparate sînt celulele senzoriale ale retinei care au fost numite, unele, bastonașe, altele conuri, după forma unor prelungiri cu care sînt prevăzute. Retina cuprinde cîteva sute de milioane de bastonașe și vreo șapte milioane de conuri. Aceste celule senzoriale se pun în legătură cu un strat de neuroni bipolari, care, la rîndul lor, se leagă cu un strat de neuroni ganglionari. Pentru a ajunge la celulele senzoriale, lumina trebuie să străbată retina în toată grosimea ei, deoarece celulele senzoriale (conurile și bastonașele) formează ultimul strat de neuroni al retinei, cel mai apropiat de choroidă.

Axonii celulelor ganglionare străbat întreaga suprafață a retinei, pentru a se strînge într-un punct unic, numit pata oarbă, așezat în apropiere de mijlocul retinei, de unde părăsesc globul ocular. Axonii aceștia, uniți în mănunchiuri, formează nervii optici ai celor doi ochi și se îndreaptă spre etajele superioare ale sistemului nervos.

Drumul urmat de căile vizuale pînă la scoarța cerebrală este foarte interesant.

Cei doi nervi optici, părăsind retinele, merg unul în întîmpinarea celuilalt și, la un moment dat, se întîlnesc. Punctul acesta de întîlnire se numește chiasma optică. Dar iată ce se întîmplă la locul de întîlnire. Fibrele fiecărui ochi se împart în două. O parte din fibre, cele provenite de la jumătatea externă, dinspre tîmple, a retinelor pornesc înainte, pe partea pe care au sosit. O altă parte din fibre, cele provenite de la jumătățile interne ale retinelor, dinspre rădăcina nasului, se încrucișează. Fibrele provenite de la ochiul drept trec pe partea stîngă și cele provenite de la ochiul stîng trec pe partea dreaptă.

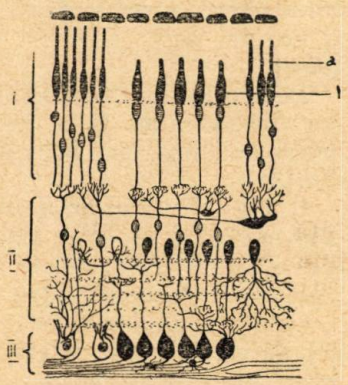
Dincolo de chiasma optică, nervii optici se despart iar. Dar mai poartă acum ramurile acestea aceleași mesaje ca înainte de întîlnire?

Fiecare ramură duce acum mesaje de la ambii ochi — de la cîte o jumătate din fiecare retină.

Ramura din stînga duce acum mesajele de la jumătățile din stînga ale fiecărei retine, iar ramura din dreapta duce mesajele de la jumătățile drepte ale fiecărei retine.

O parte din fibre merg apoi neîntrerupt pînă la creierul mijlociu, unde se găsesc mecanismele care comandă mișcările reflexe de întoarcere a ochilor și a capului spre izvorul de lumină.

Alte fibre, însă, urcă la talamus, unde se găsește o stație de legătură și de unde un nou eșalon de neuroni duce mesajele la scoarța cerebrală. Aci, în lobul occipital (spre ceafă), în așa-numita aria striată, mesajele sosite de la retine sînt preluate, devenind senzații vizuale. În emisfe-



33. Secțiune în retină. Se văd cele trei straturi de neuroni: a — celule cu bastonașe; b — celule cu conuri.

rul stîng vor sosi mesajele provenite de la jumătatea stîngă a fiecărei retine, iar în emisferul drept mesajele provenite de la jumătatea dreaptă a fiecărei retine. Dacă în urma unui accident se întrerupe una din căi, dincolo de chiasma optică, omul nu mai vede cu cîte o jumătate a fiecărui ochi. Boala aceasta se numeşte hemianopsie.

Razele de lumină sosite de la un obiect aşezat în dreapta noastră, trecînd prin cristalin, ajung la jumătatea stîngă a fiecărei retine, în timp ce razele de lumină sosite de la un obiect aflat în stînga noastră vor ajunge pe jumătatea dreaptă a fiecărei retine.

Ţinînd seama de cele arătate mai sus, se înţelege că toate obiectele aflate la un moment dat în dreapta noastră (cîmpul vizual drept) îşi vor trimite mesajele în emisferul stîng, iar cele aflate în stînga noastră (cîmpul vizual stîng) îşi vor trimite mesajele în emisferul drept.

Dar ce este lumina?

Un obiect nu este văzut prin simplul fapt că se află în faţa noastră, iar noi ne îndreptăm ochii spre el. Pentru ca să aflu, cu ajutorul mîinii, despre prezenţa unui obiect, e suficient să ating obiectul cu mîna. Nu e nevoie, deci, decît să existe obiectul iar eu să-l ating.

Pentru ca un obiect să fie văzut este însă nevoie de un intermediar. Este necesar ca de la obiect să pornească raze de lumină care să-i vestească prezenţa.

Unele obiecte au proprietatea de a produce ele însele aceste raze şi de aceea sînt văzute fără nici un ajutor din afară. Soarele, stelele, flacăra lumînării, cărbunele aprins sînt văzute pentru că emit raze luminoase.

Cele mai multe obiecte, însă, pe care le întîlnim, nu au această proprietate. De aceea, ele nu sînt vizibile, nu impresionează ochiul decît dacă primesc lumina din afară, lumină din care reţin o parte, trimiţînd înapoi restul.

Dacă intru seara în cameră, nu văd nimic, cu toate că obiectele sînt toate la locul lor. Aceasta, pentru că obiectele respective nu sînt în stare să-şi vestească ochilor prezenţa, neavînd proprii lor curieri. Numai cînd se aprinde becul — izvor de lumină — obiectele devin vizibile, deoarece trimit ochilor lumina pe care, la rîndul lor, o primesc de la becul electric.

În mod obişnuit, noi considerăm că vedem un fenomen, un fapt, în clipa cînd acest fapt are loc. Văd pe cineva ridicîndu-se de pe scaun, atunci cînd se ridică de pe scaun. Văd aprinzîndu-se lumina la fereastra de peste drum, atunci cînd se aprinde lumina. Văd fulgerînd, atunci cînd are loc descărcarea electrică.

În realitate, însă, văd un lucru nu în clipa în care se întîmplă, ci după aceea, atunci cînd razele de lumină, care duc vestea acelei întîmplări, au ajuns la ochiul meu. Se înţelege, această întîrziere e mai mică sau mai mare, după cum e şi distanţa care mă desparte de întîmplarea respectivă. Viteza luminii fiind însă extrem de mare — aproximativ 300 000 de km pe secundă — pentru distanţele cu care avem de-a face, în viaţa de toate zilele, pe pămînt, această întîrziere este aşa de mică, încît n-are vreo importanţă.

Lucrurile se schimbă, însă, cînd e vorba de distanţele care separă pămîntul de ceilalţi aştri.

Astronomul, care urmăreşte fenomene ce se petrec în soare, ştie că ceea ce vede la un moment dat s-a petrecut, de fapt, cu 8 minute în urmă (mai exact, 8 minute şi 20 de secunde), timp necesar razei de lumină să parcurgă distanţa de 149 501 000 km., care ne desparte de soare. Un avion, zburînd cu 400 km pe oră, ar avea nevoie, pentru a străbate aceeaşi distanţă, de 43 de ani!

Lumina vizibilă, prietena aceasta credincioasă de care nu ne putem lipsi în mişcările şi în activitatea noastră nici o clipă, nu este decît o porţiune redusă dintr-o mare familie de radiaţii avînd aceleaşi pro-

prietăți fundamentale ca și lumina vizibilă: undele electromagnetice. Pe toate celelalte, însă, ochiul nu le poate prinde și nu servesc orientării noastre în mediul înconjurător.

S-a discutat multă vreme în știință dacă lumina se propagă sub formă de unde, adică sub forma unui șuvoi neîntrerupt de pulsații extrem de repezi, sau sub formă de corpusculi, asemenea unui roi de miliarde și miliarde de grăunțe (fotoni), care bombardează obiectele pe care cad.

Cele două fenomene sînt contradictorii. Ceva nu poate fi continuu și discontinuu în același timp. Totuși, există fapte, care dovedesc indiscutabil că lumina are o natură ondulatorie, dar și fapte, care dovedesc indiscutabil că lumina este în esență un roi de corpusculi.

În realitate, așa cum a arătat savantul sovietic S. I. Vavilov în minunata carte „Ochiul și soarele" [1] (unde cititorul poate găsi multe amănunte în această problemă), noi dăm greș încercînd să explicăm lumea particulelor extrem de mici, care compun substanța și lumina (electroni, protoni, fotoni etc.), după modelul fenomenelor ce se petrec la scara noastră omenească, unde găsim fenomene complexe, constituite, la rîndul lor, din mișcarea acestei imense puzderii de particule. Lucrurile se petrec ca și cînd am încerca să deducem forma cărămizilor numai după forma clădirii făcută din aceste cărămizi.

Ambele aspecte ale luminii, cea ondulatorie și cea discontinuă, corpusculară, sînt dovedite de fapte, iar cugetarea noastră n-are decît să-și lărgească mai mult puterea de cuprindere. A fost o vreme cînd părea de neînchipuit ca pămîntul să fie sferic, iar oamenii să poată sta oriunde pe el, fără să cadă. Astăzi, mintea noastră acceptă mai ușor ideea că pămîntul e sferic și nu plat ca o tobă.

---

[1] S.I. Vavilov, Ochiul și soarele, Editura Cartea Rusă, 1953 (n. r).

Din moment ce lumina se propagă sub forma unor pulsații, a unor unde, putem vorbi și aici — ca și la undele sonore — de frecvențe, de lungimi de undă, de amplitudini.

Numai că aici e vorba de frecvențe neînchipuit de mari — sute de mii de milioane pe secundă! — și de lungimi de undă foarte mici (în ceea ce privește razele vizibile).

Legătura dintre lungimea de undă, frecvența și viteza luminii e ușor de înțeles. Lungimea de undă poate fi socotită distanța străbătută de undă în timpul unei singure pulsații, într-o perioadă. Căpătăm astfel formula: $n = \frac{c}{\lambda}$ în care n este frecvența, c viteza luminii și λ (litera grecească lamda) lungimea de undă. Deoarece este imposibil să numeri sute de mii de milioane pe secundă, frecvența undelor luminoase se deduce numai cunoscînd viteza luminii și lungimea de undă (și niciodată direct, ca la undele sonore, unde vibrațiile unui diapazon pot fi înregistrate și numărate).

Undele electromagnetice, care străbat neîncetat spațiul în toate direcțiile, cu aceeași viteză de neînchipuit de 300 000 km. pe secundă, formează — cum spuneam — o mare familie, de la radiații cu lungimi de undă mai mici de o zecime de mμ[1] pînă la unde cu lungimi de undă de kilometri. Efectele electrice, chimice, termice, biologice etc. sînt diferite.

Cele mai mici lungimi de undă le găsim la razele gama (γ) emise de radiu și alte substanțe radioactive (sub 0,1 mμ). Începe apoi regiunea razelor, cu atîtea aplicații în medicină, razele Röntgen (care străbătînd corpul nostru, afară de oase, permit urmărirea unor procese ce altfel ar rămîne ascunse). Aceste raze au lungimea de undă pînă la 10 mμ. Dincolo de această

[1] Micronul este a mia parte dintr-un milimetru și se notează cu litera grecească μ. Milimicronul (mμ) este a milioana parte dintr-un milimetru.

limită încep raze cu proprietăți deosebite: impresionează placa fotografică, fac bune conducătoare de electricitate corpurile asupra cărora cad, au efecte foarte importante asupra proceselor vitale etc. Acestea sînt razele ultraviolete, care merg pînă la lungimi de undă de 380—390 mμ.

Să vedem ce se întîmplă mai departe, cum se manifestă radiațiile cu lungimi de undă mai mari de 380—390 mμ. Ele se manifestă în primul rînd prin aceea că influențînd celulele sensibile ale ochiului nostru, produc senzații vizuale. Între 390 și 760 mμ se întinde regiunea razelor vizibile, care dezvăluie ochiului omenesc nesfîrșita bogăție de forme și culori a universului. Dincolo de acest hotar, lucrurile se întunecă din nou. Ochiul nu mai vede. Razele respective — razele infraroșii — își manifestă prezența doar indirect, prin efectele lor — cum este acela de a încălzi obiectul asupra căruia cad. Dincolo de 0,3 mm. încep ținuturile nesfîrșite ale undelor de radio, ale undelor care, datorită minunatelor lor proprietăți, au permis realizarea unui vechi vis al omenirii: comunicarea la mari distanțe a veștilor și a imaginilor. Nefiind oprite pe drum, ca razele vizibile, de diferite obstacole, aceste unde nu așteaptă decît aparatul potrivit care să le recepționeze și să le transforme în sunete și imagini.

Așadar, din toată această familie de unde electromagnetice ce se întinde de la miliardimi de milimetru la mii de metri lungimi de undă, numai fîșia foarte îngustă a razelor cuprinse între 390—760 (aproximativ) milionimi de milimetru servește direct vederii omului, sub forma a ceea ce noi numim lumină, culoare.

Dar între undele cuprinse înăuntrul acestor granițe se constată deosebiri? Constatăm noi, sub o formă oarecare, altfel decît prin măsurători, vreo deosebire între o radiație de 400 mμ și o radiație de 500 mμ?

Ochiul nostru prinde chiar și diferențe mult mai mici, mergînd pînă la un singur mμ. Aceste diferențe de lungimi de undă ale radiațiilor se dezvăluie ochiu-

lui nostru sub forma deosebirilor de culoare sau, cum se spune, de ton cromatic.

Un obiect mi-apare roşu pentru că razele pe care le răspîndeşte au lungimea de undă de 620—760 mμ. Un altul mi-apare verde pentru că razele răspîndite de el sînt de 500—530mμ. Diferitelor culori ale spectrului le corespund lungimile de undă din tabelul următor:

760—620 mμ — roşu
620—590 mμ — portocaliu
590—560 mμ — galben
560—530 mμ — galben-verde
530—500 mμ — verde
500—470 mμ — albastru
470—430 mμ — indigo
430—390 mμ — violet

Obiectele din jurul nostru n-au, în general, lumina lor proprie. Ele nu fac decît să trimită înapoi lumina pe care le-o trimite şi lor izvorul de lumină: soarele, o lampă etc.

O parte din această lumină, retrimisă, se întoarce după o direcţie bine determinată — ceea ce constituie reflectarea luminii, iar o altă parte, întorcîndu-se, se răspîndeşte în toate direcţiile — lumina difuzată. În ambele cazuri, fie că e vorba de lumina reflectată, fie că e vorba de lumina difuzată, obiectele neluminoase nu fac decît să trimită înapoi o parte din lumina primită de la diferite izvoare de lumină.

Cum e posibil atunci ca mai multe obiecte primind aceeaşi lumină (de pildă, lumina albă a soarelui) să apară în acelaşi timp diferit colorate: un obiect e roşu, altul e verde, altul e negru etc.?

Explicaţia este următoarea: lumina albă este, de fapt, un amestec din toate aceste radiaţii şi nu e simplă, cum e lumina roşie sau cum e lumina verde.

Oamenii de ştiinţă au arătat că făcînd să cadă o rază de lumină solară pe o prizmă, ceea ce iese din prizmă

nu mai este o rază albă, ci o bandă de raze colorate, asemenea culorilor curcubeului. Lumina albă a fost descompusă de prizmă în componentele ei, în culorile simple din care este compusă. Această descompunere se explică prin faptul că razele simple care compun lumina albă sînt frînte, refractate diferit de sticla prizmei. Unele sînt înclinate mai mult, altele mai puțin. De aceea, ajungînd la prizmă, razele care au călătorit pînă aici într-o perfectă tovărășie, sînt silite să se despartă, apucînd-o fiecare pe altă cale. Noi am văzut adeseori aceste culori ale spectrului lucind pe caldarîmul umezit de ploaie, în irizările vaselor de cristal și mai ales în arcul curcubeului.

Acum e lesne de înțeles cum e posibil ca obiectele să aibă culori diferite, să trimită ochiului nostru raze de culori diferite, deși primesc toate aceeași lumină albă.

Lumina albă poartă în sine aceste culori și e nevoie doar ca obiectul care primește lumina albă să rețină, să absoarbă unele raze și să trimită înapoi pe celelalte. Un obiect apare de culoare albastră, cînd absoarbe toate radiațiile — roșu, verde, galben etc. — în afară de cele corespunzătoare albastrului (între 470—500 mμ), pe care le trimite înapoi și pe care, deci, ochiul le va primi.

Dar nu toate obiectele au această proprietate de a alege, de a selecționa radiațiile, reținînd unele și restituind altele.

Există obiecte care nu selecționează, ci reflectă toate radiațiile în aceeași proporție. Obiectele albe sînt cele care redau o mare parte — 60% pînă la 85% — din lumina primită. Obiectele cenușii, mai puțin luminoase, sînt cele care, de asemenea, nu selecționează radiațiile, dar reflectînd din toate, rețin o parte din intensitatea lor. În sfîrșit, obiectele negre apar astfel pentru că nu mai restituie aproape nimic din lumina primită. Nici acestea nu aleg radiațiile: le absorb pe toate. Hîrtia neagră fotografică restituie numai 4% din lumina primită.

Albul, diferitele nuanțe de cenușiu, negrul au fost numite culori acromatice, în timp ce culori cum sînt roșul, verdele, galbenul etc. au fost numite culori cromatice.

Unele substanțe cum sînt apa, aerul, sticla sînt indiferente față de razele primite: nici nu le absorb, nici nu le trimit înapoi, ci le lasă să treacă. Acestea sînt corpuri transparente. Neconstituind un obstacol în calea razelor de lumină, aceste corpuri ne permit să vedem prin ele. Această transparență e numai relativă. La o anumită grosime astfel de corpuri devin și ele opace, nemailăsînd să treacă razele de lumină. La o adîncime mai mare de trei sute de metri sub apă, domnește un întuneric desăvîrșit și mulți pești de adîncime sînt înzestrați cu un fel de faruri cu care-și luminează calea.

Între sunete și culori se poate face o paralelă interesantă.

Deosebirile de înălțime dintre sunete — faptul că un sunet corespunde notei do, altul notei la — exprimă în reflectarea noastră subiectivă, în planul senzațiilor noastre, faptul obiectiv al frecvenței vibrației.

Ce rezultă din deosebirile de frecvență în domeniul undelor electromagnetice (respectiv din deosebirile de lungime de undă)? Aceste deosebiri de frecvență se reflectă subiectiv ca deosebiri de culoare, de ton cromatic.

Iată deci un fapt foarte interesant. În lumea undelor există o înrudire între tonuri sonore și tonuri cromatice. Ceea ce este pentru auz deosebirea de notă, de ton, este pentru văz deosebirea de culoare.

Se știe că sunetele se mai deosebesc prin intensitatea lor. Această calitate depinde de energia vibrației sau, dacă ne referim la undă, de amplitudinea vibrației.

Putem găsi și în privința acestei calități o analogie cu culorile? Nici nu e greu de găsit. Există lumini slabe, după cum există sunete slabe, există lumini puternice, după cum există sunete puternice. În am-

bele cazuri e vorba de cantitatea de energie pe care unda respectivă o transportă. Unda electromagnetică este și ea purtătoare de energie.

Un obiect, situat la o distanță dată, apare cu atît mai luminos, mai strălucitor, cu cît emite raze purtătoare ale unei energii mai mari. Culoarea albă este mai luminoasă decît o nuanță de cenușiu, iar cenușiul este întotdeauna mai luminos decît negrul, pentru că obiectul alb este cel cu cea mai mare capacitate de reflectare a luminii, capacitatea aceasta scăzînd spre cenușiu și negru.

Dar și culorile propriu-zise, culorile cromatice pot fi mai mult sau mai puțin luminoase. Albastrul cerului, noaptea, este fără îndoială mai întunecos decît albastrul petalelor de albăstrele, iar roșul sîngelui e mai viu, mai luminos decît roșul cireșelor. S-ar putea întocmi o scară formată din toate nuanțele de cenușiu, de la alb la negru, cu care să comparăm luminozitatea diferitelor culori. În general e vorba și aici ca și la sunete, de energia transportată de fiecare radiație, de amplitudinea undei electromagnetice.

Dar sunetele au și un timbru specific, după care recunoaștem instrumentul care le produce: timbrul pianului, al viorii, al trompetei.

Există ceva asemănător în domeniul culorilor?

Timbrul sunetului depinde de faptul că sunetul auzit nu e simplu, ci un complex format dintr-un sunet fundamental și o serie de sunete parțiale, armonice.

Același lucru îl putem spune și despre culorile obiectelor. Culorile obișnuite nu sînt în general culori pure, rezultînd dintr-o radiație unică, ci un amestec în care una mai accentuată (asemenea sunetului fundamental) „dă tonul".

Dacă lipim pe un disc cenușiu o fîșie de hîrtie colorată — de pildă o fîșie roșie — și învîrtim repede discul, cu ajutorul unei moriști, nu vom mai vedea distinct fîșia. Discul apare în întregime colorat într-o nuanță slabă de roșu, un roșu palid, spălăcit. Cu

cît e fîșia roșie mai mare, cu atît e mai pronunțată nuanța de roșu a amestecului obținut.

Această calitate a culorii, care se poate compara într-o oarecare măsură cu timbrul, este saturația culorii și ea se referă la puritatea unei anumite radiații, la măsura în care o culoare apare mai expresivă sau, dimpotrivă, mai spălăcită, mai ștearsă, mai apropiată de cenușiu.

Identitatea unei culori, oamenii s-au obișnuit s-o stabilească astfel prin tonul ei cromatic (culoarea ca atare), prin intensitatea ei și prin saturație.

Cititorul, care a parcurs aceste pagini cu privire la proprietățile ochiului și ale luminii, este poate înclinat să presupună că a aflat în linii mari în ce constă mecanismul vederii: razele de lumină, purtătoare, prin direcția lor, prin frecvența și energia lor, a unor vești despre forma și culoarea obiectului, pătrund în camera obscură a ochiului prin cristalin, iar acesta, în calitate de lentilă, proiectează imaginea pe ecranul din fund, pe retină. Formîndu-se imaginea pe membrana sensibilă, pe retină, omul vede.

Nu este așa.

Întregul mecanism descris pînă aici nu este decît mecanismul de proiectare a imaginii pe membrana sensibilă. În linii esențiale, nu avem încă mai mult decît avem în cazul aparatului fotografic.

Dar între procesul vederii și cel al fotografierii nu există decît deosebiri în privința fineței mecanismelor?

Nu, evident că nu.

Faptul că aparatul fotografic prinde și fixează imagini, nu înseamnă că aparatul fotografic *vede*. Tot așa de puțin adevărat este că *ochiul* vede. Nu ochiul vede, ci omul cu ajutorul ochilor. Ochii nu sînt decît aparatele, care pun la dispoziția sistemului nervos un ansamblu de influențe luminoase sub forma unor copii exacte ale obiectelor.

Dar specificul proceselor care stau la baza vederii, de-abia de aci încolo începe, de acolo unde se termină

aparatul fotografic cu sistemul lui de fenomene fizice și începe altă lume — a fenomenelor nervoase — minunatul laborator de transformare a influențelor obiective, în luări de cunoștință, în trăiri subiective, în senzații.

Veriga principală a acestui proces are loc în scoarța cerebrală.

Dar pînă la scoarța cerebrală? Care este mecanismul transmiterii nervoase a informațiilor de la ochi la scoarța cerebrală și ce rol joacă această etapă în constituirea senzațiilor vizuale, în formarea imaginilor?

În istoria televiziunii, în istoria transmiterii la distanță a imaginilor vizuale, oamenii au avut de rezolvat următoarea problemă complicată:

Cînd e vorba de transmiterea sunetelor, totul se reduce la problema transformării vibrațiilor aerului într-un șir de oscilații de curent electric transmisibile prin fir, sau într-un șir de oscilații preluate, prin modulare, de undele hertziene. Aceasta pentru că oricît de complex ar fi ansamblul de sunete transmis, totul se reduce la un șir unic de oscilații.

În cazul imaginilor vizuale, lucrurile stau altfel. Se știe că ceea ce este microfonul pentru sunete, este celula fotoelectrică pentru lumină. Celula fotoelectrică este un aparat care are proprietatea de a da naștere unui curent de electroni, deci unui curent electric, sub acțiunea razelor de lumină. Curentul este cu atît mai intens, cu cît este lumina mai intensă.

În felul acesta, un șir de variații în intensitatea unei surse de lumină poate fi încredințat unui șir de oscilații electrice sau electromagnetice care le vor transporta la mari depărtări, urmînd ca la locul de sosire să fie transformate din nou în variații de lumină.

Ce facem, însă, cînd e vorba de transmiterea la distanță a unui chip, a unei fotografii?

Ne putem închipui fotografia constituită dintr-un număr extrem de mare de puncte, unele negre, altele albe, altele avînd diferite nuanțe de cenușiu. Din ală-

turarea acestor puncte, foarte fine, foarte numeroase, se constituie chipul respectiv.

Pentru transmiterea la distanță a fotografiei ar trebui să dispunem de un imens tablou de sute de mii de celule fotoelectrice strîns lipite între ele, fiecare celulă fiind legată separat, prin mijlocirea a sute de mii de fire, de alte sute de mii de beculețe electrice.

Să ne închipuim acum că fotografia este proiectată pe tabloul de celule fotoelectrice. Fiecare punct al fotografiei cade pe altă celulă și, după cum este mai luminos sau mai întunecos, dă naștere unui curent electric mai mult sau mai puțin intens, care pornește pe firul respectiv. La capătul celălalt, fiecare beculeț va radia o lumină mai mult sau mai puțin vie, potrivit cu intensitatea curentului primit (și care a fost în prealabil suficient amplificat).

Astfel, sutele de mii de luminițe vor reproduce imaginea proiectată pe tabloul de celule fotoelectrice.

Sînt convins, dragi cititori, că nici unul dintre dumneavoastră nu și-a închipuit că o astfel de construcție ar fi o soluție acceptabilă a problemei. Sute de mii de celule fotoelectrice, sute de mii de fire izolate pentru transmiterea unei singure imagini. Totuși datele sînt acestea: transmiterea și recepționarea *simultană*, pentru a se păstra caracterul spațial, de întindere în spațiu, a unor informații despre intensitatea luminoasă a tuturor punctelor imaginii.

Se știe că în televiziune soluția dată a fost aceasta: se renunță la transmiterea simultană. Rînd pe rînd fiecare punct al imaginii își pune amprenta pe unda purtătoare. La capătul celălalt, la postul de recepție, nu apare însă o succesiune de licăriri, pentru că șirul de licăriri, proiectat punct cu punct pe un ecran, se succede așa de repede, încît ochiul nu prinde decît o imagine unică. Într-o fracțiune de secundă, sute de mii de puncte se aliniază repede unele lîngă altele și unele sub altele încît — deși au sosit pe rînd — noi le vedem pe toate odată, la un loc, într-o imagine

unică. În televiziune, simultaneitatea spațială este transformată în succesiune temporală — și deci în modulări ale unor unde electromagnetice — și aceasta la rîndul ei, speculînd încetineala ochiului, se reconstituie în imagine spațială.

Aceasta este soluția dată de tehnica omenească.

Natura, însă, în transmiterea mesajelor de la ochi la creier, prin intermediul influxului nervos, s-a folosit de celălalt procedeu, care apare absurd tehnicii umane prin imensa cheltuială de materiale pe care o cere.

Fiecare celulă senzorială joacă rolul unei micuțe celule fotoelectrice sau, mai bine-zis, fotochimice. Cînd imaginea unui obiect este proiectată de cristalin pe retină, ea este de fapt proiectată pe o rețea formată din sute de mii de micuțe aparate.

În dreptul fiecărei celule, din cele cuprinse în zona de proiectare a imaginii, este proiectat cîte un punct al imaginii, un punct de lumină mai puternic sau mai slab. Fiecare celulă, deci, va suferi influența minusculei iluminări și va da naștere influxului nervos.

Dacă, însă, celulele acestea n-ar dispune decît de un fir comun pentru a comunica cu creierul, ar fi imposibil ca dispoziția spațială a punctelor de lumină, care constituie imaginea, să fie aflată de creier. Noi n-am vedea decît o pată de lumină, mai mult sau mai puțin intensă, născută din suprapunerea, din contopirea tuturor punctelor imaginii.

În realitate, însă, nu mai puțin de 800 000 de fibre servesc acestei transmiteri.

Cele 160 000 de celule aflate în centrul retinei, în așa-numita pată galbenă, comunică fiecare, pe un traseu separat, prin mijlocirea a 160 000 de fibre, cu scoarța cerebrală, unde fiecare mesaj este, tot separat, primit și înregistrat.

Pe măsură ce ne depărtăm de mijlocul retinei către periferia ei, numărul de celule care se servesc de o singură fibră de transmisie începe să crească. Ciorchini de celule, strîngînd informațiile de pe o suprafață

ceva mai mare, își dirijează mesajele pe cîte un traseu comun. Către periferie, grupe pînă la 200 de celule se servesc de un fir comun.

Se înțelege că imaginea pe care o avem despre un lucru este cu atît mai clară cu cît scoarța cerebrală primește informații mai amănunțite din partea retinei.

Presupuneți că vreți să faceți portretul cuiva în mozaic, folosindu-vă pentru aceasta de mici pietricele de diferite nuanțe. Dacă pietricelele vor fi mari, portretul va ieși grosolan, cu sacrificarea detaliilor. Cum să reproduci genele, dacă fiecare pietricică ocupă ea singură locul cîtorva gene? Cum să reproduci lucirea ochilor, cînd o pietricică ocupă singură o mare parte din albul ochiului?

Dacă pietricelele sînt însă fine, atunci, firește, poți construi ce vrei. Nu poți reproduce cu exactitate un detaliu oarecare al figurii, o cută, un joc de umbre, decît dacă pietricelele sînt mai mărunte decît detaliul însuși.

Pata galbenă și mai ales gropița din mijlocul ei — fovea centrală — constituie zona vederii clare, tocmai pentru că fiecare fibră, fiind reprezentată în retină printr-o singură celulă, poate transmite scoarței informații culese de pe un teritoriu foarte mic.

Mai puțin clară este vederea „cu coada ochiului", cu periferia retinei. Deoarece sute de celule nu au la dispoziția lor decît un fir comun, sute de puncte ale imaginii, care se deosebesc fără îndoială între ele, devin un singur punct rezultînd din contopirea tuturor. Firește că unei astfel de vederi periferice, laterale, îi scapă nenumărate detalii.

În ansamblu, retina are cam 200 000 de puncte, de „unități de vedere" distincte, cuprinzînd, în centrul retinei, un număr foarte mic de celule fiecare, iar spre periferie un număr din ce în ce mai mare de celule într-o unitate.

Dar de ce numai 200 000 de unități distincte, dacă ochiul dispune de 800 000 de fibre, prin care ar putea

comunica scoarței cerebrale 800 000 de mesaje simultane despre 800 000 de puncte ale imaginii?

Lăsăm cititorul să se gîndească deocamdată singur la această problemă, dîndu-i doar indicația că mai există un aspect al senzațiilor vizuale, despre care n-am arătat încă prin ce mijloace este transmis creierului.

Privești orașul de la fereastra de sus a unei clădiri înalte. Ochii cuprind o priveliște imensă. Clădiri nenumărate, ascunzîndu-se unele pe altele, acoperișuri de toate formele, coșuri înalte de fabrici, turle de biserici, toate formînd o panoramă unică de o nesfîrșită varietate.

Te gîndești, cititorule, că toată această priveliște, ce se întinde pe mai mulți kilometri, e acum cuibărită aidoma în ochiul tău, pe retina ta, pe o suprafață de cîțiva mm²? Tot ce prinzi dintr-o privire, toate sutele de ferestruici, țiglele de pe acoperișuri, ramurile copacilor de peste drum, totul, absolut totul există întîi pe retină, pentru a putea exista în conștiința ta?

E drept că ochiul mai folosește un procedeu, prin care-și mărește enorm cîmpul de vedere.

Iată despre ce e vorba. Dacă ții privirea fixă îndreptată asupra unui punct oarecare, cîmpul vederii cuprinde un unghi larg cam de vreo 150°, deci ceva mai puțin decît tot ce se află înaintea noastră. Însă nu toată această priveliște imensă este percepută clar. Nici n-ar ajunge pentru asta cele 200 000 de puncte distincte de vedere ale retinei.

În realitate, ochii nu stau nemișcați, ci fără să ne dăm, de obicei, seama, ei se mișcă necontenit. Privirea se fixează mereu asupra altui punct al privelиștii situate înaintea noastră, aducînd, prin aceasta, imaginea locului respectiv în centrul retinei, în zona vederii clare. În felul acesta, ochiul explorează priveliștea, strîngînd date amănunțite care se completează și se însumează sub forma unei panorame unice.

Ceea ce prindem foarte clar dintr-o singură privire nu este decît o regiune mică, corespunzătoare unui unghi de 2 grade — cît se proiectează pe retină pe o suprafaţa de 1 mm² a fovei centrale. La o distanţă de 1 km. prindem clar cu privirea cam 35 m, în timp ce la o distanţă de ochi de 30 cm. prindem clar numai o dimensiune de 1 cm.

Cît de mici trebuie să apară pe retină amănuntele priveliştii pe care o privesc, dacă totul încape acolo pe o suprafaţă de 1 mm²: copaci, case, trecători, vehicule, stîlpi. Văd foarte clar şi pietrele caldarîmului.

Ştiţi cît de mic este locul ocupat pe retină de imaginea celui mai mic obiect pe care-l văd? Patru microni, adică patru miimi de milimetru! Un firicel obţinut prin împărţirea unui milimetru în 250 de părţi. Atîta ajunge pentru a-mi crea o senzaţie distinctă.

Oamenii de ştiinţă obişnuiesc să măsoare capacitatea de a vedea obiecte mici sau capacitatea de a separa cu vederea două puncte foarte apropiate (acuitatea vizuală) în grade. Şi iată de ce.

Mărimea imaginii de pe retină depinde, în primul rînd, de mărimea obiectului. Imaginea e cu atît mai mare, cu cît obiectul e mai mare. Dar aceasta numai dacă e vorba de obiecte aşezate la aceeaşi depărtare de ochi. Dacă, însă, obiectul se depărtează, imaginea proiectată pe retină se micşorează, cu toate că mărimea obiectului rămîne constantă. Lucrul acesta ni-l arată şi fotografiile. Cu cît e situat mai departe obiectul fotografiat, cu atît apare pe fotografie mai mic. Pentru ca un obiect de 10 metri să apară pe fotografie cu aceeaşi mărime cu care apare un obiect de un metru, trebuie ca primul, cel mai mare, să fie aşezat la o depărtare de 10 ori mai mare.

Aceasta înseamnă că un obiect foarte mare şi un obiect foarte mic se pot proiecta pe retină ca imagini de aceeaşi mărime, dacă depărtările lor faţă de ochi sînt diferite.

Mai putem spune că cel mai mic obiect pe care-l vedem este de o zecime de milimetru, de un milimetru,

de un centimetru? Aceasta depinde de distanța la care se află obiectul de ochi!

Ceea ce interesează cînd e vorba să determinăm cel mai mic obiect vizibil, cea mai mică distanță vizibilă dintre două puncte, este mărimea proiecției acestora pe retină.

De aceea, în loc să exprimăm acuitatea (adică ascuțimea) vederii prin cea mai mică distanță dintre două puncte vizibile separat, o vom exprima prin cel mai mic unghi vizual sub care două puncte sînt văzute separat.

Ei bine, unghiul minim, sub care o dimensiune poate fi văzută, este de un minut, adică un unghi neînchipuit de fin obținut prin împărțirea unui unghi drept în 5400 de felioare! Acest unghi corespunde tocmai cu imaginea de 0,004 mm. pe retină.

Dar ascuțimea vederii merge și mai departe, atunci cînd e vorba să separe două puncte foarte apropiate. Pentru ca două puncte să fie văzute separat, trebuie ca proiecțiile lor pe retină să nu cadă în interiorul aceleiași unități și nici în unități vecine, ci să fie separate de cel puțin un punct retinian distinct.

Cu o iluminare suficientă, două puncte se mai pot vedea separat sub un unghi de 25″—30″, ceea ce corespunde pe retină la 0,002 mm. Acesta este tocmai diametrul unei celule vizuale. E suficient, deci, ca o singură celulă să nu fie excitată, pentru ca acest fapt să fie înregistrat de scoarța cerebrală sub forma unui interval.

Cînd e vorba de linii și nu de puncte, extraordinara finețe a ochiului merge și mai departe. Distanța minimă dintre două linii paralele pe care privirea le separă este sub această valoare de 25″. Iar dacă cele două linii sînt în prelungire, diferența minimă perceptibilă scade la 5″ și, în mod excepțional, la 2″! Aceasta se explică prin faptul că o linie acoperă un șirag de cîmpuri receptoare (așezate însă nu în linie, ci cînd mai la dreapta, cînd mai la stînga — în zig-

zag) ceea ce permite o și mai fină discriminare a acelor două linii extrem de apropiate. Această problemă se pune, de pildă, în legătură cu instrumentele fine de măsurat, cum e vernierul, sau în legătură cu rigla de calcul, unde ochiul trebuie să aprecieze cu mare precizie corespondența diviziunilor de pe două rigle. Erorile, cum spuneam, sînt de ordinul secundelor, ceea ce reprezintă, proiectat pe retină, dimensiuni de ordinul zecimilor de miimi de milimetru!

Lumea culorilor însuflețește, nuanțează, diversifică luminile și umbrele, formele și contururile.

Ochiul distinge, în afara diferențelor de luminozitate sau de strălucire (atît cît oferă o fotografie obișnuită), și ceea ce obiectiv există ca diferențe de lungimi de undă între radiații, sub forma tonului cromatic, a culorii propriu zise.

Dar cum?

150 de nuanțe de culoare distinge ochiul omului. Ușor de afirmat, dar cît de greu e de explicat acest lucru. Este un fapt indiscutabil azi că mesajul transportat de fibra nervoasă, sub forma unui lanț de influxuri nervoase, poate varia numai în ceea ce privește frecvența acestor influxuri.

Pentru ca o fibră nervoasă anumită să ducă creierului două vești diferite despre doi excitanți diferiți, trebuie ca cei doi excitanți să provoace în fibra respectivă două frecvențe deosebite ale influxurilor nervoase. Altfel nu se poate. Influxurile nu se pot deosebi nici prin intensitatea lor, nici prin calitatea lor. Așa de exemplu, pentru ca aceeași fibră nervoasă să poată fi folosită pentru a duce creierului uneori mesajul culorii verzi, iar alteori mesajul culorii roșii, ar trebui ca fibra respectivă să reacționeze diferit la cele două culori prin influxuri de frecvențe diferite.

Or, între frecvența de cîteva sute de influxuri pe secundă de care este capabilă o fibră nervoasă și frec-

venţele de sute de miliarde ale radiaţiilor, ce corespondenţă se poate stabili?

Aşadar, este absolut hotărît că pe acelaşi traseu nu pot fi transportate mesaje despre culori diferite.

E firesc atunci să ne vină în minte procedeul pe care l-am întîlnit în cazul auzului, unde problema se pune la fel. Calea spre creier nu poate suporta frecvenţe mai mari de 1000 şi, totuşi, auzim şi distingem sunete pînă la 20.000 de vibraţii pe secundă. Pentru fiecare din cele cîteva mii de tonuri, pe care urechea le distinge, există cîte un traseu deosebit, ducînd spre cîte un punct deosebit al creierului.

De ce nu s-ar petrece lucrurile la fel şi în cazul văzului, mai ales că nu deosebim decît vreo 150 de nuanţe de culori? De la retină ar putea porni 150 de pachete de fibre, reacţionînd fiecare la altă nuanţă de culoare. Pentru galben, pentru galben-verzui, pentru verde şi verde-albăstrui, pentru albastrul mării, pentru albastrul cerului am avea tot atîtea pachete de fibre specializate în atribuţia particulară a transportării nuanţei respective.

Simplu şi comod.

Numai că aici, în cazul vederii nu mai merge. Pentru simplul motiv că noi nu percepem numai culori, numai pete de culoare, ci *obiecte*, *forme* divers colorate.

Priveşte un covor frumos, împletind tot soiul de carouri, triunghiuri, zig-zaguri în cele mai felurite culori: de la roşul violent, la cărămiziul timid, de la un verzui palid la verdele plin şi odihnitor al cîmpului. Întoarce-ţi acum ochii la faţa de masă: alte linii, alte contururi, cu zeci de alte nuanţe de culoare. Şi aşa mai departe. Miile de aspecte, care se succed cu rapiditate înaintea privirii noastre, îşi proiectează pe retină, în special pe aceeaşi porţiune redusă a fovei, imaginile. Cu alte cuvinte, în aceleaşi puncte ale retinei se proiectează cînd roşu, cînd verde, cînd galben, cînd violet, cînd cărămiziu etc. Deci din aceleaşi puncte ale retinei pornesc mesaje cînd despre

culoarea roșie, cînd despre culoarea verde, cînd despre culoarea galbenă etc. — despre oricare din cele 150 de nuanțe de culoare pe care le putem deosebi.

Aceasta înseamnă că în fiecare punct distinct de viziune al retinei trebuie să fie concentrați cel puțin 150 receptori diferiți din care să pornească cel puțin 150 de fibre diferite pentru a fi gata să transporte mesajele oricăreia din cele 150 de nuanțe ce s-ar putea proiecta în punctul respectiv.

Dacă retina are în total 200 000 de puncte de viziune distincte, ele ar trebui să fie deservite de 200 000 × × 150 de fibre, adică de treizeci de milioane de fibre, astfel încît fiecare punct distinct de viziune al retinei să poată face față sarcinii de a transmite creierului orice culoare, iar întreaga zonă centrală a retinei să poată face față sarcinii de a transmite creierului ansamblul de mesaje al oricărei figuri, de orice culoare ar fi punctele ei.

Un asemenea număr de fibre nu există.

Organul văzului nu dispune decît de 800 000 de fibre pentru fiecare ochi, deci, în medie, de cîte patru fibre pentru fiecare punct distinct al retinei.

Problema este, deci, aceasta: cum poți transmite, numai cu ajutorul a cel mult patru mesageri, 150 de mesaje diferite, cînd fiecare mesager nu știe, nu e în stare să ducă decît un singur mesaj?

Problema aceasta a frămîntat multă vreme mintea omenească și, trebuie s-o spunem de la început, pe deplin nu e lămurită nici azi. Totuși, direcția principală a rezolvării este stabilită.

În primul rînd, trebuie să-l punem la curent pe cititor cu cele găsite de cercetările din ultimile decenii privitor la rolul bastonașelor și al conurilor în formarea senzațiilor vizuale.

Există o serie întreagă de fapte care dovedesc că cele două feluri de celule vizuale ale retinei, celule

cu bastonașe și celule cu conuri, îndeplinesc funcțiuni deosebite.

Celulele cu conuri se găsesc concentrate în centrul retinei, unde nu există bastonașe. Pe măsură ce ne depărtăm de centru și ne apropiem de periferia retinei, numărul conurilor începe să scadă și, în locul lor, în țesătura retinei apar, într-o măsură din ce în ce mai mare, celule cu bastonașe.

Pentru ca să vedem un obiect cu toate amănuntele și să prindem toate nuanțele sale de culoare, trebuie ca obiectul să se afle în fața ochilor și să ne concentrăm privirea asupra lui. Cu alte cuvinte trebuie ca imaginea obiectului să fie proiectată în centrul retinei, în zona fovei centrale constituită numai din conuri.

Pe măsură ce obiectul se deplasează lateral față de direcția privirii noastre, imaginea începe să se estompeze. Conturul devine imprecis și, treptat, culorile încep să dispară. Rînd pe rînd, dispar verdele, roșul, galbenul. Văzute numai cu periferia ochiului, obiectele sînt cenușii.

Toate acestea ne conduc la presupunerea că celulele cu conuri sînt cele care servesc vederii culorilor, în timp ce celulelor cu bastonașe, masate la periferie, le rămîne rolul distingerii diferențelor de intensitate a luminii.

Această presupunere este întărită de faptul, că, pe măsură ce slăbește lumina, culorile încep să pălească. O lumină slabă care ne permite să mai distingem, deși vag, formele obiectelor, nu ne mai dă posibilitatea să distingem culorile. Or, s-a stabilit că celulele cu conuri nu funcționează decît la lumină vie, în timp ce celulele cu bastonașe, care au o sensibilitate mult mai mare, funcționează foarte bine la lumina slabă a amurgului sau a nopții. Ceea ce înseamnă, de asemenea, că celulele cu conuri, adaptate la vederea de zi, sînt cele care recepționează și culorile. Cînd, lumina fiind prea slabă, ele nu mai funcționează și locul lor este luat, în procesul vederii, de bastonașe, culorile nu mai sînt percepute.

Unele animale nu au în retina lor decît bastonașe. Astfel de animale văd foarte bine noaptea, cînd sînt treze și în stare de activitate. În schimb, ziua ele se ascund, fugind de lumina orbitoare a zilei pe care ochii lor n-o suportă. Așa sînt bufnițele, liliecii, șoarecii.

Alte animale nu au în retina lor decît conuri. Aceste animale nu se pot orienta noaptea, la lumina slabă și de aceea ele nu sînt în stare de activitate decît ziua. Cînd se lasă seara, se ascund. Animale care nu au decît conuri, în retina lor, întîlnim printre reptile: șopîrla, broasca țestoasă.

Multe animale au vederea mixtă (cu conuri și bastonașe) și printre acestea se află și omul. Datorită acestui fapt, capacitatea ochiului omenesc de a se adapta la diferite intensități de lumină este excepțională. Omul poate percepe o lumină avînd o putere egală cu cîteva miliardimi de lux[1] — ceea ce ar fi egal cu lumina unei lumînări așezate la 15 kilometri distanță, dacă energia luminii n-ar fi absorbită în drum de atmosferă.

Dar ochiul omului nu este de loc orbit nici de lumina soarelui. Așa cum arată academicianul S. I. Vavilov, în cartea sa, numeroase experiențe au dus la concluzia că productivitatea diferitelor tipuri de muncă crește apreciabil, dacă se mărește iluminarea pînă la 300 și chiar 500 de lux. Dar lumina directă a soarelui este egală cu cea a 130.000 de lumînări!

Deci, de la cîteva miliardimi la o sută treizeci de mii de lux. Ce enormă este variația de intensitate luminoasă căreia ochiul omului este în stare să-i facă față!

Așadar, dispunem deocamdată de o delimitare care ne ajută la rezolvarea problemei noastre. Dacă e vorba să explicăm fenomenul, care se prezintă așa de misterios,

---

[1] Lux — iluminare produsă de o lumînare etalon, pe o suprafață situată la un metru depărtare de lumînare, sub un unghi drept față de razele de lumină.

al vederii culorilor, trebuie să ne ocupăm de celulele cu conuri. De prezența și funcționarea acestora e legată perceperea culorilor. Celor 130.000 000 de bastonașe ale unei retine le revine doar sarcina de a ajuta la orientarea în lumina slabă și nu pot furniza decît „mesaje cenușii".

Trebuie stabilit, în primul rînd, care este mecanismul acțiunii luminii asupra sistemului nervos. Radiațiile pot avea, în general, diferite efecte: mecanice, termice, electrice, formarea unor radiații secundare, chimice. Radiațiile secundare n-ar explica nimic. Efectele mecanice (presiunea exercitată de lumină) și termice (încălzirea produsă de lumină — e vorba numai de spectrul vizibil) sînt prea slabe.

Celulele receptoare ale retinei ar putea funcționa asemenea celulelor fotoelectrice. Sub acțiunea luminii ar putea lua naștere în celulele receptoare un curent electric, care ar provoca apariția influxurilor nervoase în neuroni.

Dar procesele care se petrec în retină, sub acțiunea luminii, dovedesc faptul că fenomenele nu pot fi de natură electrică.

Senzația vizuală apare relativ lent și impresia produsă nu dispare instantaneu, odată cu dispariția excitantului. O serie de licăriri, succedîndu-se destul de repede, sînt percepute ca o lumină continuă. Dacă învîrtim repede, înaintea ochilor cuiva, un cărbune incandescent, omul nu va mai vedea cărbunele, ci un cerc luminos. Lucrurile se petrec astfel, pentru că impresiile vizuale se înlănțuie șirag și se contopesc, impresia nouă apărînd înainte ca cea veche să fi dispărut. Fenomenele electrice provocate de lumină se manifestă, însă, aproape instantaneu cu acțiunea luminii și de aceea nu pot sta la baza impresiilor luminoase, care se dovedesc a urma, după cum am văzut, mult mai lent acțiunea excitantului, adică a luminii.

Rămîn numai procesele fotochimice, mult mai lente decît cele fotoelectrice, procese care de altfel au fost dezvăluite și studiate. Sub acțiunea luminii,

în celulele vizuale ale retinei au loc fenomene de transformare a unor anumite substanţe.

In ceea ce priveşte bastonaşele, fenomenul este foarte bine studiat. Sub influenţa luminii, substanţa de culoare roşie conţinută în bastonaşe — erytropsina sau rodopsina (sau, cum i se mai spune în mod obişnuit, purpura retiniană) — se descompune în retinen, o substanţă de culoare galben-portocalie, şi alte substanţe. Viteza cu care are loc această descompunere, această fotoliză, este proporţională cu intensitatea luminii. La rîndul său, retinenul se descompune, liberînd vitamina A şi, de asemenea, o serie de alte substanţe.

Tocmai procesul acesta chimic este cel care declanşează suita de influxuri nervoase în neuroni, ducînd creierului mesajul luminii. Aşadar, lumina nu determină direct, acţionînd asupra neuronilor, apariţia influxului nervos, ci numai prin intermediul unui proces de transformare chimică.

Cum se dovedeşte rolul esenţial al purpurei retiniene în vederea cu bastonaşele? Există multe dovezi în acest sens, deosebit de interesante.

In primul rînd, este stabilit faptul că diferitele radiaţii nu sînt la fel de vizibile. Aşa, de exemplu, dacă privim mai multe suprafeţe luminate fiecare cu altă culoare de lumină (toate radiaţiile fiind de aceeaşi energie) se constată că strălucirea maximă o au razele galben-verzui (spre mijlocul spectrului vizibil, la 560 mμ aproximativ). Trecînd pe de o parte spre radiaţiile cu lungimi de undă mai mari, adică spre portocaliu şi apoi roşu, iar pe de altă parte spre radiaţiile cu lungimi de undă mai scurte: verde, albastru, violet, vizibilitatea, strălucirea scad repede. Dincolo de roşu, spre infraroşu, şi dincolo de violet, spre ultraviolet, vizibilitatea dispare cu totul. La lumina zilei, curba are, deci, un maximum în regiunea galben-verzui, la aproximativ 560 mμ. La lumina slabă, vizibilitatea maximă se deplasează spre 500 mμ, adică spre albastru.

Cercetările au stabilit că substanţa aceasta cu proprietăţi miraculoase, purpura retiniană, pe care savanţii

au reușit s-o separe în laborator, absoarbe radiațiile pe care le primește și le absoarbe potrivit cu curba de vizibilitate indicată mai sus. In cea mai mare măsură sînt absorbite razele galben-verzui, mai puțin cele portocalii și verzi, și mai puțin cele roșii și albastre. Absorbind aceste radiații, purpura retiniană pălește, se albește (după ce trece printr-o fază de galben). Razele care decolorează în cea mai mare măsură purpura retiniană sînt tocmai cele galben-verzui, în timp ce razele roșii nu mai au influență.

Coincidența aceasta este izbitoare. Vizibilitatea razelor de diferite lungimi de undă corespunde perfect cu gradul de absorbție al acelorași raze de către purpura retiniană și, deci, cu gradul de descompunere chimică (trădat de decolorare), pe care-l suferă această substanță. De aici s-a putut trage concluzia că purpura retiniană joacă rolul principal în vederea cu ajutorul celulelor cu bastonașe (care conțin această substanță).

Se înțelege că, dacă purpura retiniană s-ar descompune neîncetat sub acțiunea luminii, ea ar fi repede consumată, iar procesul chimic mijlocitor, datorită căruia vedem lumina, n-ar mai avea cum să aibă loc.

In realitate, purpura retiniană se regenerează neîncetat. Retinenul, provenit din descompunere, asociindu-și substanțele de care a fost despărțit, se reconstituie necontenit în purpură retiniană, care rămîne permanent la dispoziția luminii pentru a fi descompusă. Dar și vitamina A care, cum am văzut, este stadiul final al transformărilor, poate constitui punctul de plecare al regenerării — regenerare mai lentă — prin care se reconstituie purpura retiniană.

Dacă decolorarea a fost mai completă, pînă la alb, reconstituirea nu se poate face decît prin participarea vitaminei A. Așa se explică de ce absența vitaminei A în organism, datorită unei boli de ficat sau unui regim alimentar lipsit de această vitamină, duce la boala numită hemeralopie (sau „orbul găinilor"). Animalul sau omul respectiv nu mai văd la lumina slabă. Epuizarea treptată a purpurii retiniene, care nu se

mai poate reconstitui în urma decolorărilor puternice, datorită absenței vitaminei A, lipsește bastonașele de substanța de care depinde sensibilitatea lor. Este suficient, însă, să se introducă în organism o cantitate potrivită de vitamina A, pentru a se restabili capacitatea vederii crepusculare, adică a vederii la lumină slabă.

Bastonașele nu servesc decît vederii așa-numitelor culori acromatice: de la alb la negru, trecînd prin diferite nuanțe de cenușiu. Toate acestea nu diferă decît printr-o singură însușire: luminozitatea, care este în funcție de energia radiației reflectate de obiectul respectiv. Cu cît e mai puternică lumina ce pornește de la un obiect, cu atît e mai mare viteza cu care se produce transformarea chimică din bastonașe. Cu cît e mai mare viteza transformărilor chimice din bastonașe, cu atît e mai mare frecvența influxurilor nervoase din fibrele optice, cu atît sosesc mai multe influxuri pe secundă la scoarța cerebrală. Cu cît sosesc mai multe influxuri pe secundă la scoarța cerebrală, cu atît e mai mare energia nervoasă, energia excitației, care apare în punctele respective din scoarța cerebrală. Și, deci, cu atît va fi mai puternică senzația de lumină. Sau, schematizînd, obținem următoarele dependențe:

1. Energia luminoasă (a radiațiilor reflectate de un obiect)
2. Viteza transformărilor chimice din bastonașe
3. Frecvența influxurilor nervoase (din fibre, optice)
4. Energia nervoasă din stația de sosire în scoarța cerebrală)
5. Intensitatea senzației vizuale.

Lucrurile sînt ușor de înțeles tocmai pentru că mesagerul nostru — fibra nervoasă — poate face distincția, prin variația frecvenței influxurilor nervoase, între diferitele nuanțe de luminozitate (singura dimensiune a mesajelor „cenușii").

Dar dacă nuanțelor de luminozitate li se adaugă cele de ton cromatic, de *culoare* propriu zisă, lucrurile se complică enorm.

In primul rînd, să vedem ce se întîmplă cu aceste conuri pe seama cărora a rămas recepționarea culorilor. Fără îndoială că și aici e vorba de transformări chimice, pentru aceleași motive pentru care am admis că și în bastonașe fenomenul intermediar între lumină și influxul nervos este de natură chimică.

Dar ce fel de transformări chimice? Aici revine aceeași întrebare, cel puțin în aparență, fără soluție: cum poți transmite 150 de mesaje diferite, numai cu ajutorul a cel mult patru mesageri, cînd fiecare nu se pricepe să transporte decît un singur fel de mesaje? Cum e posibil ca un punct oarecare al retinei să poată face cunoscute creierului 150 de nuanțe diferite de culoare, cînd o fibră nervoasă nu poate transporta mesaje diferite, corespunzător diferitelor culori și cînd, dintr-un punct unic, distinct, de vedere al retinei pornesc în medie doar patru fibre nervoase?

Dacă ochiul omenesc ar distinge doar patru culori, atunci lucrurile ar fi simple. Fiecare din cele patru conuri intrînd în componența unui punct unic de vedere al retinei (în zona fovei centrale), ar putea fi specializat pentru recepționarea unei anumite culori. La fel ar proceda și fiecare din cele patru căi, care leagă punctul respectiv de scoarța cerebrală. În felul acesta, dacă ar exista numai patru culori, fiecare „unitate de vedere" (punct retinian + grup de fibre + punct din scoarța cerebrală) fiind constituită dintr-o echipă de patru „specialiști", ar putea recepționa diferit cele patru culori diferite. Astfel s-ar explica cum e posibil ca fiecare punct al retinei să poată face față sarcinii de a transmite creierului informații nu numai despre intensitatea luminii primite (prin frecvența influxurilor), ci și despre felul, culoarea radiației respective (pentru fiecare culoare existînd cîte un reprezentant în echipa punctului respectiv, din cele patru categorii de specialiști-culori).

Dacă ar exista numai patru culori... Dar există 150... (Ajuns în locul acesta, cititorul este rugat să nu citească mai departe, ci să amîne continuarea lecturii pentru a doua zi, după ce a reflectat asupra acestei probleme).

. . . . . .

150 de nuanțe de culoare!.. Dar, oare, un pictor are nevoie de 150 de tuburi de vopsea, ca să poată reproduce coloritul variat al unui peisaj, al unui chip, al unei flori? Portocaliul se poate prepara dintr-un amestec de galben și roșu, iar diferitele nuanțe de portocaliu din amestecuri, în diferite proporții, ale celor două culori. Amestecînd albastru cu galben, obținem culoarea verde etc.

E aici o idee, o sugestie, se înfiripă o ipoteză. Dacă ochiul, economisind numărul specialiștilor destinați fiecărei unități de vedere, și-ar prepara culorile, în operația aceasta de reproducere a marei varietăți de nuanțe colorate a realității, amestecînd în proporții diferite cîteva culori de bază?

E numai o ipoteză, un joc de imaginație deocamdată, dar un joc verosimil.

Care ar fi aceste culori de bază? Aceste culori trebuie să fie astfel alese, încît din amestecul lor să se poată obține toate celelalte.

Dacă amestecăm vopsea galbenă cu vopsea albastră, obținem vopsea verde. Dacă, însă, amestecăm raze albastre cu raze galbene sau, mai bine-zis, facem să cadă asupra acelorași puncte ale retinei raze albastre și raze galbene, nu vom vedea culoarea verde, ci alb sau cenușiu. Reținem, în primul rînd, că există două moduri de a amesteca culorile: amestecînd *substanțe* colorate (cum face pictorul care amestecă vopsele) sau amestecînd *radiații* prin suprapunerea, pe același punct al retinei, a unor radiații diferite. După cum s-a văzut, rezultatele obținute sînt deosebite.

Cum putem obține un astfel de amestec de radiații? Un disc e împărțit în două jumătăți: galben și albastru.

Discul se învîrteşte repede. Nuanţele de culoare pălesc, se pierd şi discul apare cenuşiu, prin suprapunerea celor două feluri de raze. Acelaşi rezultat îl obţinem amestecînd roşu cu verde (verde-albăstrui): tot alb sau cenuşiu apare. Se înţelege că amestecînd vopsea roşie cu vopsea verde, numai alb nu căpătăm.

Mergem, deci, cu raţionamentul mai departe. Dacă e adevărat că ochiul îşi „prepară" toate culorile de care are nevoie pentru a reflecta realitatea, din cîteva culori de bază, atunci, pentru a stabili care pot fi aceste culori, trebuie să studiem ce se obţine nu din amestecuri de vopsele, ci din amestecuri „optice", din suprapuneri de raze pe retină, pentru că — după cum am văzut — rezultatele sînt diferite.

Şi iată că numeroasele încercări, făcute în acest sens, ne duc la concluzia că e suficient să dispunem de patru culori: roşu, verde, galben şi albastru pentru ca, amestecîndu-le în proporţii diferite, să obţinem toate nuanţele culorilor cunoscute.

Mai mult: observînd diferitele culori ale spectrului, băgăm de seamă că unele au o individualitate mai puţin precisă, alunecînd spre culorile vecine (cum sînt portocaliu sau violet), în timp ce altele se detaşează şi se impun net ca nişte culori de bază, cu un specific propriu bine pronunţat. Acestea sînt tocmai roşu, galben, verde, albastru.

Şi astfel, în mintea fiziologului german Hering (1878) ipoteza culorilor de bază a iuat următoarea formă: există patru culori de bază — roşu, galben, verde şi albastru — plus albul şi negrul, din care se pot prepara diferitele nuanţe de cenuşiu.

Dar aceste culori se pot grupa perechi: roşu — verde, galben — albastru, alb — negru. Componentele fiecărei perechi , prin amestec dau cenuşiu sau alb.

roşu + verde dă cenuşiu (sau alb)

galben + albastru dă cenuşiu (sau alb)

alb + negru dă cenuşiu (iar dacă negrul e absent dă alb).

Asemenea perechi poartă numele de culori complimentare. Iată ce înrudire interesantă e între ele:

Dacă privesc o pată de culoare verde cîtva timp și apoi mi-arunc privirea pe un ecran, de pildă pe plafon, văd apărînd o pată de culoarea complimentară primei — adică o nuanță de roșu. Și invers: dacă privesc fix, un timp, o figură roșie, voi începe să văd, pe o suprafață albă sau cenușie, proiectîndu-se, aceeași figură, într-o nuanță verzuie. Aceste imagini care apar înaintea ochilor, după ce am privit un obiect sau o suprafață de o anumită culoare, poartă numele de imagini consecutive.

La fel, pentru perechile galben-albastru și pentru alb-negru. De unde Hering a tras încheierea că e suficient să admitem că ochiul cuprinde trei substanțe diferite, pentru ca întreaga problemă a perceperii culorilor să fie rezolvată.

O substanță care, sub acțiunea radiațiilor roșii, se descompune (dezasimilație), furnizînd creierului mesajul culorii roșii. *Aceeași* substanță care, sub acțiunea luminii verzi, se reconstituie (asimilație), trimițînd creierului mesajul luminii verzi. La fel, pentru perechile galben-albastru și alb-negru. Astfel, totul se reduce la un sistem de șase culori, iar acestea șase sînt deservite de numai trei substanțe, care se pot transforma fie într-un sens, fie în celălalt, sub acțiunea uneia din cele două radiații care constituie fiecare pereche.

Soluția lui Hering era ingenioasă pentru că, după ce reducea totul la șase culori, le reducea și pe acestea la trei perechi, deservite de numai trei substanțe.

Fenomenul imaginilor consecutive era astfel și el explicat. Dacă, de pildă, am privit insistent cîtva timp o suprafață roșie, s-a descompus substanța corespunzătoare a retinei. Dacă privesc după aceea o lumină albă, componenta verde a luminii albe va avea un efect mult mai puternic asupra aceleiași substanțe (efect de reconstituire), întrucît descompunerea sub

acțiunea componentei roșii nu mai are cum să se producă (s-a produs înainte).

Hering formulase o ipoteză. Pentru a deveni adevăr, trebuia să se descopere în celulele retinei existența a trei substanțe asupra cărora perechile de raze roșu-verde, galben-albastru, alb-negru să aibă efecte antagoniste (asimilație, dezasimilație).

Astfel de substanțe însă nu s-au găsit.

De asemenea, se știe azi că fibra nervoasă nu transmite decît influxuri nervoase de același fel și chiar dacă o celulă senzorială s-ar comporta într-un sens pentru razele roșii și în sens opus pentru cele verzi, fibra nervoasă n-ar avea cum să transmită creierului mesaje de natură diferită, despre cele două procese diferite.

În sfîrșit, s-a dovedit că cele patru culori: roșu, galben, verde, albastru, nu se constituie în perechi de culori complimentare (adică să dea două cîte două cenușiu), așa cum cerea teoria lui Hering și cum credea acesta. Culoarea complimentară culorii roșii s-a dovedit a fi nu verdele pur, saturat, ci o nuanță de verde-albastru. Iar culoarea complimentară culorii verzi, nici nu se găsește printre culorile spectrului: e purpuriul ce se obține numai prin amestecul radiațiilor extreme ale spectrului: roșu și violet.

Puțin cîte puțin, edificiul așa de frumos construit, care părea să răspundă într-un chip atît de ingenios unei serii întregi de probleme, se dărîmă sub presiunea faptelor.

Ceea ce, însă, rămîne în picioare, e însăși ideea centrală: posibilitatea de a se prepara întreaga varietate a nuanțelor percepute de vedere, din cîteva culori de bază, fapt care permite transmiterea mesajelor de culoare de la retină la creier numai prin cîteva categorii de receptori și fibre.

Încă din secolul al XVIII-lea, savantul rus Lomonosov arătase că se pot considera drept culori fundamentale numai trei. În secolul al XIX-lea, fizicianul englez Thomas Young construiește o teorie sistematică a

viziunii culorilor, pornind, de asemenea, de la considerația că numai trei culori fundamentale sînt suficiente pentru a le putea obține pe toate celelalte. Dacă alegem roșu, verde și albastru, galbenul devine de prisos în calitate de culoare fundamentală, întrucît se obține din amestecul celorlalte.

Astfel, nu mai e nevoie nici să se presupună existența, în celulele retinei, a unor substanțe asupra cărora radiațiile ar avea efecte antagoniste — substanțe care n-au fost găsite — nici gruparea a patru culori de bază ca perechi complimentare — ceea ce, de asemenea, nu s-a confirmat.

E suficient să presupunem că în fiecare punct distinct de vedere al retinei se află trei celule la dispoziția uneia din cele trei radiații. O celulă excitabilă de către radiațiile roșii, o alta excitabilă la verde și, în sfîrșit, o a treia celulă excitabilă de către albastru. De la fiecare din aceste trei celule ar porni cîte o fibră, ceea ce înseamnă că din fiecare punct al retinei ar porni cîte trei fibre spre creier.

Helmholtz a reluat această teorie, adăugîndu-i o serie de completări. Rămînea ca faptele s-o confirme.

Aspectele generale ale teoriei au rămas pînă azi în picioare. Faptele noi descoperite în ultimele decenii n-au contrazis-o, ci i-au adus confirmări, deși pentru a explica și aceste fapte a fost nevoie de noi completări.

Iată, în primul rînd, fenomenul așa de interesant al anomaliei înnăscute numită daltonism, după numele marelui chimist și fizician englez Dalton, care a suferit de această anomalie și care a descris-o.

Pentru daltoniști, întreaga varietate a culorilor percepute de ei se poate obține, nu cu trei, ci numai cu ajutorul a două componente fundamentale.

Care sînt aceste componente fundamentale? Ar fi fost foarte greu de spus cum anume percep daltoniștii culorile, dacă n-ar fi existat cazuri în care aceste anomalii să fie limitate la un singur ochi. Au existat persoane care au fost atinse de daltonism numai la un ochi, celălalt ochi fiind normal, și care au avut

astfel posibilitatea să compare senzațiile celor doi ochi și să descopere anomalia.

S-a stabilit că daltoniștii au drept culori fundamentale numai galben și albastru, iar toate nuanțele percepute de ei rezultă din combinarea acestor două componente fundamentale. Lucrurile se petrec ca și cînd în loc de trei feluri de celule cu conuri (pentru roșu, pentru verde și pentru albastru), daltonistul are numai două tipuri: conul pentru albastru și un alt tip de con în care roșul și verdele sînt contopite, reacționînd nediferențiat la roșu, la verde și, deci, și la galben (pe care-l putem obține suprapunînd raze roșii și verzi).

Încă din 1794, Dalton își descria anomalia în felul următor: „În spectru eu nu recunoșteam decît două culori sau, cel mult, cu ezitări, trei: galben, albastru și purpuriu (violet?). *Galbenul meu conține roșu, portocaliu, galben și verde pe care toți le văd în spectru.*“[1]

Această „orbire“ pentru anumite culori nu constă în imposibilitatea de a distinge niște nuanțe oarecare, ci anumite grupe de nuanțe, imposibilitate care concordă perfect cu ipoteza că boala este efectul reducerii, de la trei, la două culori fundamentale.

În felul acesta este sprijinită teoria „tricromatică“, teorie după care ochiul furnizează creierului nu 150 de nuanțe distincte, ci numai un număr restrîns de categorii de mesaje (trei în vederea normală, două la daltoniști), din care scoarța reconstituie întreaga varietate a culorilor.

---

[1] Lucrurile nu se prezintă în realitate chiar așa de simplu. Există o serie întreagă de variante în aceste anomalii ale vederii culorilor care cer, pentru a fi explicate, teorii mai complicate. Uneori se consideră că lipsește doar componenta roșie (protanopie), alteori că lipsește componenta verde (deuteranopie) și, în sfîrșit, în cazuri mai rare, că lipsește componenta albastră (tritanopie). S-au întîlnit cazuri de oameni lipsiți cu totul de vederea culorilor — acromatopsie totală. Amănuntele acestor fenomene n-au însă legătură directă cu preocupările lucrării de față.

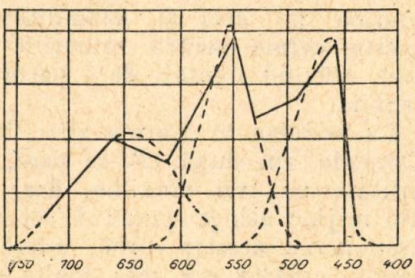
Cercetările de mare precizie întreprinse în ultimii ani pe ochi de colubră (un șarpe), de șopîrlă, de broască țestoasă, au izbutit să confirme cu fapte indiscutabile previziunile teoriei „tricromatice" a vederii.

Oamenii de știință au izbutit să extragă din retine, constituite doar din conuri, substanța fotosensibilă respectivă.

Cititorul își amintește cum se comporta substanța fotosensibilă a bastonașelor — purpura retiniană — în absorbirea diferitelor radiații. Cea mai puternică era absorbția către 500 mμ (razele verzi), scăzînd treptat pe măsură ce ne depărtam de aceste radiații spre extreme (spre roșu și spre violet).

Ei bine, un lucru cu totul deosebit s-a constatat (von Studnitz, 1937—1940) în privința absorbției razelor de către substanța extrasă din conuri. Aici nu s-a mai obținut o singură maximă, ci trei creste, trei maxime cu povîrnișurile respective. Iluminînd fragmente din substanța extrasă din conuri, rînd pe rînd, cu raze de diferite lungimi de undă (deci de diferite culori) s-a constatat cum eficacitatea acestor raze (constatată prin descompunerea și decolorarea substanței) crește de la 400 mμ pînă la 470 mμ (raze albastre), scade din nou, dar urcă iar pînă la un maximum spre 550 mμ (raze verzi), apoi puterea de absorbție a substanței scade, pentru ca să atingă un al treilea maximum la 660 mμ (raze roșii).

Lucrurile se petrec, deci, ca și cînd din conuri s-ar fi extras nu o singură substanță, ci trei substanțe diferite, cu trei curbe diferite de absorbție ale razelor spectrului vizibil.



34. Curbă reprezentînd absorbția razelor de lumină de către substanța extrasă din conuri. Pe abscisă s-a notat lungimea de undă.

Acum vom putea explica mai bine un fenomen peste care, înainte, am trecut mai repede. Arătam că, la lumina vie a zilei, vizibilitatea maximă este în regiunea razelor galben-verzui, a razelor cu lungimea de undă de 560 mμ, iar la lumina slabă, în semiobscuritate, această maximă se deplasează spre radiațiile albastre, cu lungimile de undă de 500 mμ.

În mod practic, putem verifica fenomenul astfel: Să alegem o hîrtie roșie și o hîrtie albastră, care, bine luminate, ne apar ca avînd aceeași strălucire (luminozitate). Să trecem apoi cu aceste hîrtii colorate într-o încăpere întunecoasă. Cele două hîrtii nu mai apar ca avînd aceeași luminozitate. Hîrtia albastră pare a avea o culoare mai vie decît cea roșie. Cu alte cuvinte, vizibilitatea cea mai bună s-a deplasat, s-a mutat spre regiunea razelor albastre, făcînd ca două culori, care înainte de deplasare (în lumină bună) păreau egale ca luminozitate, să apară, în noile condiții (în lumina slabă), cu luminozitate inegală. Fenomenul acesta poartă numele celui Purkinje — fenomenul lui Purkinje.

Cu ceea ce știm despre funcționarea conurilor și a bastonașelor, fenomenul poate fi ușor explicat.

În lumina slabă, ochiul se servește de celulele senzoriale cu bastonașe ale retinei. Așa cum s-a văzut, puterea maximă de absorbție a razelor de lumină (și deci și vizibilitatea maximă), o au aceste celule pentru radiațiile de 500 mμ (albastre), scăzînd treptat, de o parte și de alta a spectrului.

La vederea în lumina zilei, lucrurile se schimbă. Conurile au, după cît se pare, trei curbe de vizibilitate cu trei maxime, dar, dintre acestea, cea din mijloc atinge punctul cel mai înalt. Din suprapunerea acestor curbe, rezultă o curbă cu trei creste, creasta cea mai înaltă — sensibilitatea maximă — situîndu-se în regiunea razelor galben-verzui.

Sau pe scurt, fenomenul lui Purkinje — mutarea celei mai bune vizibilități dinspre roșu spre albastru cu 60 mμ, cînd trecem de la lumina vie la lumina slabă, se explică tocmai prin faptul că trecem de la vederea cu ajutorul conurilor la vederea cu ajutorul bastonașelor.

Și iată, în sfîrșit, că oamenii de știință au reușit, și pentru fibrele vizuale, să realizeze miracolul realizat pentru fibrele auditive. Astfel de cercetări au făcut, în 1935, Graham și Hartline pe ochi de Limulus (animal înrudit cu racii și cu păianjenii) și Granit, în anii 1940—1943, pe ochi de șoareci, cobai, șerpi, broaște etc.

Acești cercetători au reușit să înregistreze cu ajutorul microelectrozilor, răspunsurile unei singure fibre vizuale (*una* din cele 800 000 de fibre, care constituie nervul optic!) sub acțiunea luminii.

Și de astă dată faptele au confirmat cu strălucire geniala previziune a lui Lomonosov, admirabila construcție teoretică a lui Young și Helmholtz.

Înregistrînd potențialele de acțiune a diferite fibre unice, purtătoare de mesaje ale conurilor din fovea centrală, se obțin trei categorii de curbe de sensibilitate. Există conuri cu sensibilitate maximă pentru razele roșii, altele cu sensibilitate maximă pentru razele verzi, și, în sfîrșit, altele cu sensibilitate maximă pentru razele albastre.

Unii oameni de știință, pentru a explica anumite particularități ale acestor curbe, sînt de părere că trebuie să admitem și existența unui al patrulea tip de con, con mixt, conținînd contopite în sine substanțele celorlalte trei. Dar cu aceasta ne situăm din nou în planul ipotezelor.

Așadar, cel puțin în liniile ei esențiale, problema vederii culorilor se apropie azi de rezolvare.

Retina este o rețea formată din circa 200 000 de „unități de vedere" distincte, fiecare „unitate de vedere" cuprinzînd un număr oarecare de celule senzoriale,

conuri sau bastonașe. În regiunea centrală a retinei — cea cu care se percep culorile — fiecare unitate de vedere distinctă cuprinde reprezentanți din cele trei categorii de conuri: pentru roșu, pentru verde, pentru albastru.

Atunci cînd privim o culoare pură, aparținînd uneia din cele trei culori fundamentale, de pildă roșu, vor intra în acțiune, în toate punctele pe care pata colorată se proiectează, numai conurile sensibile la roșu. Din cîteva zeci de mii de puncte, vor porni de la aceste conuri, pe calea fibrelor, influxurile nervoase spre anumite puncte ale creierului și ele specializate în recepționarea mesajelor respective. Aceste puncte din creier, intrînd în acțiune, vom vedea „roșu", vom avea senzația culorii roșu.

La fel și în cazul în care privim un verde pur, sau un albastru pur.

Dacă, însă, privim un galben, razele respective nu vor mai întîlni nici un con specializat în a le recepționa. Dar ele au proprietatea de a excita atît conurile de roșu, cît și pe cele de verde. Din fiecare punct al retinei pe care culoarea galbenă se proiectează, pornesc cîte două serii de mesaje, cîte două serii de influxuri nervoase, spre două categorii de celule ale scoarței cerebrale, unde va avea loc reconstituirea culorii, formarea senzației de galben. La fel pentru toată varietatea de nuanțe pe care ochiul le distinge.

Fiecare punct din centrul retinei, cuprinzînd numai trei feluri de celule specializate, poate trimite creierului mesaje, din care acesta reconstituie oricare din cele 150 de nuanțe de culoare pe care le percepem. Iar atunci cînd privim un obiect divers colorat, retina va fi în stare să transmită creierului imaginea integrală a obiectului nu numai cu distribuția în spațiu a punctelor acestuia, dar și cu culoarea fiecăruia din aceste puncte.

Organismul plantei sau animalului îşi menţine viaţa datorită unui schimb permanent de substanţe cu mediul înconjurător. Fiecare specie are nevoie, cu precădere, de anumite substanţe, iar transformările suferite de aceste substanţe, în organismul viu, depind de structura însăşi a organismului.

Dar viaţa este, în esenţa ei, acţiune. Şi răspunsul celui mai simplu organism viu la influenţa unei substanţe nu va fi numai acela de a absorbi sau nu substanţa respectivă, ci, mai mult: de a o *căuta* sau *evita*.

Simţirea îşi trage rădăcinile ei cele mai îndepărtate din această excitabilitate, din această reactivitate a organismului la acţiunea chimică a diferitelor substanţe. Înainte chiar de a-şi fi format capacitatea de a reacţiona la acţiunea mecanică a atingerilor, a presiunilor, fiinţa trebuie să fi fost în stare să reacţioneze activ la modificările compoziţiei chimice a mediului.

În 1884, naturalistul Pfeffer remarcă următorul fenomen interesant. El aşează sub microscop o picătură de apă, în care înotau anterozoizi[1] de ferigă. În această picătură pătrundea un tub capilar (tub extrem de fin), prin care experimentatorul lăsa să se scurgă diferite substanţe. Anterozoizii se mişcau încoace şi încolo prin picătura de apă. La un moment dat, se produse o mare agitaţie şi cîrduri, cîrduri ale minusculelor fiinţe începură să se îndrepte spre tub, să se adune în jurul lui şi chiar să pătrundă înăuntru. În cinci minute, vreo 600 de anterozoizi pătrunseseră deja în tub.

Substanţa, care exercitase această acţiune, era malatul de sodiu. Încercînd şi cu alte substanţe, Pfeffer nu mai obţine acelaşi rezultat. Experimentatorul se gîndi atunci că malatul de sodiu, sau acidul malic,

[1] Se ştie că anterozoizii sînt elementele mascule ale fecundării la plantele criptogame (cum ar fi feriga).

trebuie să aibă o legătură cu înmulțirea ferigii. Într-adevăr, cercetările au dovedit că, în toate părțile plantei purtătoare de produse sexuale, e prezent și acidul malic.

Cînd s-a repetat experiența cu anterozoizi de mușchi, s-a constatat că malatul de sodiu nu mai are efect. În schimb, zahărul era cel care exercita asupra anterozoizilor plantei respective o atracție deosebită.

Oxigenul exercită o atracție puternică asupra multor organisme unicelulare. Un naturalist, M. Verworn, a făcut următoarea demonstrație interesantă.

Într-o picătură de apă înotau bacterii (plante microscopice). Experimentatorul a introdus în picătura de apă o diatomee (algă inferioară unicelulară). Imediat bacteriile se grămădiră în jurul diatomeei, care degaja oxigen, formînd o masă strînsă.

Experiențe asemănătoare s-au făcut cu tot felul de organisme monocelulare. S-a putut vedea la microscop cum paramecii[1] se îngrămădesc cu sutele într-o bășicuță de acid carbonic, dar și cum aceiași parameci fug care încotro, părăsind aceeași bășicuță, atunci cînd concentrația acidului carbonic a devenit prea mare. Se poate vedea, privind lama de sticlă, un mic cerculeț, limpede în interior, cu contur umbrit. Este bășicuța de gaz carbonic în jurul căreia s-au adunat paramecii, fără însă să pătrundă înăuntru din cauza concentrației prea mari, dar gustînd gazul preferat la periferie, acolo unde e mai slab.

Hidra, cu celulele ei senzitive și cu rețeaua ei nervoasă, reacționează prompt la anumite substanțe sub acțiunea chimică exercitată de acestea. Hrana își dezvăluie, acestui animal, prezența în primul rînd prin influența ei cea mai directă: contactul și acțiunea chimică. Cînd un tentacul este atins, excitația răspîndită prin rețeaua nervoasă mobilizează celulele musculare și tentaculul se strînge, ducînd hrana la gura sacului, din care e constituit corpul animalului.

---

[1]) Paramecii sînt animale monocelulare din clasa Infuzori, mai evoluate decît amoebele.

Actiniile, animale de mare, din aceeași încrengătură cu hidrele de apă dulce și asemănătoare cu ele, dar mai mari și cu un organism ceva mai complicat, reacționează chiar de la distanță la apropierea hranei. Și în acest caz, hrana își dezvăluie prezența prin acțiunea ei chimică, numai că de astă dată informarea se face de la distanță, prin mijlocirea apei în care se dizolvă puțin din substanța respectivă.

Și este de reținut faptul că aceste animale nu reacționează la orice substanțe chimice. Tentaculele acestor hidre de mare — actiniile — rămîn indiferente la bucăți de sticlă, de lemn sau de piatră, dar încep să se agite de îndată ce se află în apropiere o fărîmă din carne de rac sau de pește.

La viermi se dezvoltă o adevărată sensibilitate chimică cu un rol deosebit de important în relațiile dintre organism și mediu — în găsirea hranei, în reacțiile față de starea de umiditate sau de uscăciune a mediului (la rîme). Cea mai perfecționată este sensibilitatea chimică la viermii marini, tocmai datorită faptului că viața animalului depinde tot timpul de existența unei anumite compoziții a apei.

La aceste animale, unii dintre neuronii așezați la suprafața corpului, cu rol de recepționare, neuronii senzitivi, se specializează în recepționarea influențelor chimice. Grupați la un loc în anumite părți ale corpului — pe spate și în regiunea capului — ei formează organe ale simțului chimic denumite organe nuchale. Datorită lor, viermii superiori sînt capabili să localizeze, chiar de la distanță, prezența unor anumite substanțe hrănitoare.

Dar iată că la artropode se produce o schimbare adîncă, de mare importanță în funcționarea simțului chimic.

Și la artropode, orientarea pe baza influențelor chimice joacă un rol de mare importanță. Dar simțul chimic se scindează: unele organe se specializează în recepționarea influențelor chimice prin contact direct — și acestea sînt organe ale gustului. Altele se specia-

lizează pentru recepționarea de la distanță, tot pe cale chimică, a acțiunii unor substanțe — și acestea sînt organe ale mirosului.

La crustacei deosebirea există deja, dar nu e netă. La insecte, însă, distincția e foarte clară și organe de simț diferite, specializate, deservesc cele două simțuri chimice.

Simțul mirosului este, alături de văz, principalul simț al insectelor. Cu ajutorul lui, insectele își află de la distanță hrana, partenerii de sex opus, tovarășii din aceeași colonie, dușmanii.

Organele acestea sub formă de perișori sau de gropițe, în fundul cărora se află celulele senzoriale, sînt așezate în special pe antene. Numărul lor depinde în primul rînd de importanța acestui simț la animalul respectiv. La libelule, care-și prind hrana din zbor, există un număr mic de astfel de gropițe — fosete olfactive: 10—12 pe fiecare antenă. La albină, însă, fiecare antenă poartă 14—15 mii de fosete olfactive. La masculul de cărăbuș există 50 000, iar la femelă, pînă la 80 000 de astfel de organe.

Furnicile își găsesc drumul de întoarcere spre furnicar cu ajutorul dîrelor mirositoare pe care le lasă în urma lor. Cînd un cercetător a spălat locul respectiv, furnicile au părut dezorientate. Cu ajutorul mirosului, furnica își distinge cuibul de cel al unei alte colonii. Cu ajutorul mirosului, furnicile își deosebesc tovarășele de furnicar de furnicile străine. E suficient să se impregneze una din furnicile aceluiași furnicar cu mirosul altei colonii, pentru ca tovarășele ei s-o pornească, împotriva ei, la atac. Pe de altă parte, e suficient să se impregneze o furnică străină cu mirosul coloniei, pentru ca să fie — cel puțin pentru moment — bine primită.

Von Frisch, cunoscutul cercetător al vieții albinelor, a arătat că albinele lasă din loc în loc, pe unde trec, anumite semne mirositoare, pentru a le ajuta pe celelalte albine să găsească zonele bogate în hrană.

Omul nu simte întotdeauna mirosurile pe care le simte animalul. De aceea s-a crezut că ar fi vorba de niște radiații pe care se bizuie animalele în găsirea de la distanță a unor anumite locuri (de pildă, în cazul atracției exercitate de la mari depărtări de femelele fluturilor asupra masculilor). E vorba, în fond, tot de simțul chimic al mirosului.

Gustul, separat de simțul mirosului, își are și el rolul lui în viața insectelor. Mirosul informează de la distanță despre prezența unor anumite substanțe. Gustul este ultimul control înainte de asimilarea hranei. El permite animalului să separe ce e bun de ce e dăunător, prin fructificarea îndelungatei experiențe a speciei.

Albinele și multe alte insecte sînt foarte mult atrase de dulce. S-a putut stabili cantitatea minimă de substanță dulce, dizolvată, care le provoacă o reacție pozitivă de atracție. Astfel, pentru albine e suficientă o concentrație de zaharoză de 1—2%, în timp ce pentru anumite specii de muște (Calliphora) o concentrație de 10—15 ori mai mică e suficientă. Sensibilitatea fluturilor pentru dulce e de o sută de ori mai ascuțită decît cea a omului.

Dar nu tot ce-i apare omului dulce apare dulce (adică e atractiv) pentru insecte. Zaharina le lasă complet indiferente. În această situație sînt, în general, substanțele care omului îi apar dulci, fără să fie din familia zahărului.

Ceea ce are alt gust decît dulce respinge albinele: acru, amar, sărat. Dar între aceste gusturi fac, oare, albinele o deosebire? Cercetările au dovedit că da.

Sensibilitatea pentru gustul acid (acru) este apropiată de cea a omului, dar albinele au o sensibilitate mai mare pentru sărat. Cît despre amar, aici nu mai există un paralelism. Mai sensibilă decît omul la cocaină, albina e de treizeci de ori mai puțin sensibilă decît el la chinină.

Dar nu toate insectele au aceeași capacitate de a diferenția gusturile: pentru omizi, de pildă, nu există,

după cît se pare, decît două categorii de gusturi: atractiv (dulcele) și repulsiv (acru, amar și sărat). Omizile nu au mijloace să distingă prin gustul lor substanțe care nouă ne apar ca avînd gusturi diferite — acru, amar, sărat.

La vertebrate găsim, pe treptele de jos, aceeași mare dezvoltare a simțurilor chimice și, în primul rînd, a analizatorului olfactiv, al mirosului.

La pești, ca și la insecte, în orientarea în mediul înconjurător, mirosul și văzul joacă rolul predominant: văzul, la peștii de suprafață, care pot beneficia de serviciile luminii, și mirosul la peștii de adîncime.

Peștii de adîncime nu dispun decît într-o măsură foarte mică de ajutorul luminii pentru transportul informațiilor de la distanță: pe fundul mărilor e întuneric. Acești pești se vor orienta în primul rînd cu ajutorul mirosului, adică cu ajutorul influenței chimice exercitate, de la distanță, de diferite substanțe, prin mijlocirea apei.

Ceea ce este pentru om văzul — principalul simț prin care noi aflăm, de departe, despre prezența diferitelor obiecte — trebuie să fie pentru acești pești mirosul. Somnul simte de la mare distanță prezența în apă a unui vierme. Pentru țiparul de mare nu există zi și noapte: văzul n-are nici o însemnătate în orientarea lui. El se orientează cu ajutorul sensibilității chimice.

Simțul chimic, de contact, al peștilor — gustul — distinge dulcele, acrul, săratul și amarul.

La speciile inferioare, întreaga suprafață a corpului „gustă" apa și hrana — căci receptori ai analizatorului chimic se găsesc răspîndiți peste tot în piele. Există, însă, receptori gustativi specializați mai ales în regiunea gurii.

Gustul va continua să joace, la toate vertebratele — batracieni, reptile, păsări, mamifere—rolul important, dar limitat al selecționării alimentelor. Dulcele, amarul, acrul și săratul vor continua să rămînă pînă la om, și la om, gusturile fundamentale.

Rolul mirosului este, însă, diferit la diferite specii. Mirosul este mai slab dezvoltat la păsări — numai puține specii recepționează bine mirosul. Printre mamifere unele au o sensibilitate olfactivă excepțională. Cîinele, de pildă, simte cu mirosul și substanțe care pentru noi sînt complet lipsite de miros: chinina, o soluție diluată de acid clorhidric sau acid sulfuric. Un cîine polițist a putut recunoaște, după miros, o bucată de lemn, printre altele o mie, care a stat numai o secundă în palma unei persoane anumite.

Maimuțele și omul au o sensibilitate olfactivă mai mică. Văzul devine dominant în orientarea în mediul înconjurător.

Care sînt mecanismele acestor simțuri chimice?

Nici un simț n-a rezistat într-o asemenea măsură la străduințele omului de a-i dezvălui tainele, ca mirosul. Știm azi mai puțin despre mecanismele intime de funcționare ale analizatorului mirosului decît despre oricare din ceilalți analizatori.

La prima vedere, lucrurile nu par complicate. Pentru ca o substanță să aibă miros, pentru ca s-o simțim cu ajutorul mirosului, ea trebuie să fie, într-o măsură oarecare, volatilă. Moleculele care se degajă, prin evaporare, sînt transportate prin mijlocirea aerului, pe distanțe mai mici sau mai mari, pînă la receptorii mirosului. (Se înțelege, aceasta pentru animalele care trăiesc în aer. Pentru animalele acvatice e vorba de substanțe solubile în apă).

Aerul, cu vaporii respectivi, pătrunde în nări. Dar întîlnirea cu receptorii mirosului nu e o operație simplă. Aceasta, în primul rînd, pentru că acești receptori nu se găsesc, cum se crede adeseori, în drumul aerului inspirat. Mucoasa care căptușește nările pe dinăuntru cuprinde receptori ai mirosului numai în partea ei superioară. Aici se vede, pe o suprafață cam de 500 mm^2, o porțiune gălbuie, cu conturul marcat net, dar neregulat. Este regiunea olfactivă a mucoasei nasului.

Aerul nu ajunge în aceste locuri ascunse decît greu, în cantitate mică şi numai prin difuziune, prin răspîndirea moleculelor. Doar trăgînd puternic aerul pe nas, putem face ca aerul inspirat să ajungă mai aproape de această regiune.

Dar particulele evaporate, care au izbutit să ajungă aci, nu sînt încă potrivite ca să bată la uşa simţului mirosului.

Ele mai trebuie să treacă printr-o încercare. Mucoasa gălbuie, care urmează să le ia în primire, este scăldată de un lichid: vaporii sosiţi trebuie întîi să se lase dizolvaţi de acest lichid şi numai astfel dizolvaţi vor străbate stratul umed, ajungînd în sfîrşit la receptori.

Receptorii aceştia nu sînt nişte celule oarecare. Mucoasa olfactivă, instrumentul de legătură între organul mirosului şi lumea externă, este chiar sediul primilor neuroni care iau în primire influenţele. Numai retina, membrana sensibilă a văzului, mai are această situaţie aparte.

La tact, de pildă, corpul neuronului se găseşte ascuns undeva în şira spinării şi el îşi primeşte veştile de la suprafaţa corpului prin lunga lui fibră care ajunge la piele.

La miros e invers: suprafaţa de contact cu exteriorul, mucoasa olfactivă, cuprinde ea însăşi corpurile celulare ale neuronilor, iar mesajele sînt trimise de către aceşti neuroni prin cablul lor, prin axonii lor, spre etajele superioare. Nu găsim nici celule senzoriale ajutătoare ca la auz, sau — cum vom vedea — la gust, nici altfel de dispozitive de dirijare, de selecţionare a informaţiilor: nimic decît neuronii înşişi în contact direct cu lumea, cu substanţele ale căror mesaje urmează să le preia. Alte celule, pe care le cuprinde mucoasa, n-au nici un rol senzorial — formează numai o ţesătură de susţinere a celorlalte.

Mesajul nervos născut în neuronii mucoasei olfactive porneşte mai departe pe calea axonilor.

Aceştia străbat prin găurile unei plăci ciuruite care aparţine de osul etmoid (os ce formează, împreună

cu sfenoidul, baza craniului), şi, trecînd dincolo, pătrund în bulbii olfactivi. Aceştia reprezintă o staţie importantă pe calea spre regiunile superioare. Aci se află a doua serie de neuroni, care iau în primire mesajul nervos. Se pare, după unii cercetători, că rolul bulbilor olfactivi ar fi acela al unei staţiuni de amplificare. După această teorie, excitaţia ar circula un timp în circuit închis, prin mai mulţi neuroni, în bulbii olfactivi, revenind de mai multe ori pe aceeaşi cale şi amplificîndu-se la fiecare turaţie.

Bulbii olfactivi se pun în legătură cu anumite regiuni din creier prin nervul sau tractul olfactiv. Staţiunea centrală de recepţionare a mesajelor mirosului, de elaborare a semnalelor subiective, a senzaţiilor, are o organizare foarte complicată. Ea este aşezată în mai multe teritorii ale creierului, între altele, în apropierea zonei auditive.

Ce se întîmplă în finele filamente, prin care neuronii comunică cu exteriorul, în momentul în care substanţa vine în contact cu ei? Ce se întîmplă în interiorul neuronului, care sînt fenomenele datorită cărora noi deosebim şi prin miros mărul de o pară, garoafa de un trandafir, gazul de benzină?

Pentru fiecare ton sonor pe care-l deosebim, analizatorul auzului cuprinde în structura sa cîte un aparat distinct format din celule receptoare, cale de conducere şi punct de sosire în scoarţa cerebrală.

Mesajele diferitelor culori călătoresc şi ele separat spre creier. Dar pentru că cele 150 de nuanţe de culoare pe care le distinge ochiul se pot obţine din combinarea numai a trei culori fundamentale, din fiecare punct al ochiului pornesc spre centru numai cîte trei trasee distincte.

Deci şi în cazul auzului, şi în cazul văzului, calităţi distincte (tonuri, culori) călătoresc separat spre creier şi sînt primite separat. Un aparat complet: element receptor, fibră de conducere, punct de sosire, serveşte numai pentru o singură calitate, pentru o senzaţie de o anumită calitate. Acelaşi lucru este adevărat şi

pentru simţurile care-şi au staţia de pornire în piele: semnalele care vestesc atingerea, durerea vie, durerea înăbuşită, caldul, recele călătoresc separat spre centru.

Dar cum se petrec lucrurile în cazul mirosului? Noi deosebim după miros sute şi sute de lucruri. Fiecare fruct îşi are mirosul său caracteristic. După miros putem recunoaşte o anumită încăpere în care am stat, prezenţa unei anumite persoane. Mirosul de proaspăt şi rece al zăpezii, sau de jilav al toamnei, mireasma grea, îmbătătoare a fînului cosit sau înviorătoare, puternică a pădurii de brad, au pentru noi individualitatea lor, specificul lor.

Cum, care sînt mijloacele, care sînt căile prin care toate aceste sute şi sute de nuanţe sînt recepţionate, deosebite, înregistrate? E posibil să avem pentru fiecare mireazmă întîlnită alt aparat receptor? Asta ar însemna să găsim în mucoasa olfactivă sute şi sute de zone diferite, reacţionînd fiecare la alt miros: o zonă pentru mirosul de busuioc, alta pentru mirosul de crin, alta pentru mirosul de trandafir şi aşa mai departe.

Astfel de zone nu s-au găsit şi nici n-ar fi de închipuit să existe.

Dar poate că lucrurile se petrec ca la văz (cu care mirosul e înrudit prin structura analizatorului său)?

S-ar putea, oare, reduce totalitatea mirosurilor simţite la cîteva mirosuri fundamentale, din combinarea cărora să poată fi obţinute toate celelalte — cum e cazul culorilor?

Şi oamenii au început să caute...

Dar nici măcar limbajul nu te serveşte, nu te ajută să te poţi descurca. Caldul e cald şi recele e rece, indiferent dacă e vorba de o bucată de fier, de temperatura de afară sau de apa din baie. Roşu, verde, galben etc. sînt nume de culori. Aceste culori nu există nicăieri altfel decît ca nişte însuşiri ale unor lucruri, ale unor substanţe. Sîngele e roşu, vinul e roşu, cerul în amurg e roşu; iarba e verde, lăcusta e verde, smaragdul e verde. Dar oamenii au reunit în acelaşi cuvînt culoarea

sîngelui, a amurgului, a cărămizii, sau culoarea ierbii, a lăcustei, a smaragdului. *Culorile au nume.* Şi senzaţiile pielii, chiar şi nuaţele lor *au nume*: înţepătură, împunsătură, mîngîiere, apăsare, gîdilare sau fierbinte, cald, rece etc.

Ei bine, senzaţiile de miros n-au nume! Mărul e roşu-verde pe dinafară, alb pe dinăuntru. Dar ce miros are? Dulce-acrişor? Astea-s denumiri de gusturi: dulce şi acrişor. Ce miros are mărul? Miros de măr!... Ce miros are garoafa? Culoarea e roşie închisă, la pipăit petala e netedă, catifelată, dar ce miros are? Miros de garoafă. . .

Ce miros are amoniacul? Înţepător. Înţepătura e o senzaţie tactilă! Amoniacul miroase a amoniac!...

Pentru mirosuri, graiul n-are nume. Numele ar fi servit ca îndrumare pentru o primă clasificare fundamentală, care ar fi fost rezultatul unei mari experienţe sociale. Dar miliardele de experienţe individuale împletite, cristalizate în vorbire, nu au izbutit să rezolve această problemă: cum să categorisească mirosurile. Şi mirosurile au rămas fără nume. Ele îşi împrumută numele de la obiectul din care emană. Înseamnă că societatea a acceptat să socotească că există tot atîtea mirosuri deosebite radical, fără trecere de la unul la altul, cîte obiecte, cîte substanţe mirositoare există.

Oamenii de ştiinţă, firește, nu s-au dat bătuţi. Naturalistul suedez Linné este primul care încearcă o clasificare, împărţind toate mirosurile în 7 clase (1756).

Aromatice (de ex. garoafa)
Balsamice (de ex. liliacul)
Ambroziace (de ex. moscul)
Usturoiate (de ex. usturoiul)
Caprilice (de ex. valeriana)
Respingătoare (de ex. ploşniţele)
Greţoase (de ex. carnea putrezită)

Clasificarea lui Linné a fost folosită timp de un secol. Un cercetător, Zwaardemacker, care a lucrat

multă vreme la această problemă, a socotit că clasificarea lui Linné trebuie perfecționată și a propus următoarele clase:

1. Eterate, de exemplu: acetona, cloroformul, eterul etilic etc.
2. Aromatice: camfor, terebentină, mentol, citrice.
3. Balsamice: parfumuri de flori, crin, vanilie.
4. Ambroziace: ambră, mosc.
5. Usturoiate: usturoi, ceapă, brom, iod.
6. Empireumatice: cafea prăjită, fum de țigară, gudron, benzină, naftalină.
7. Hirciniene: brînză, transpirație, urină.
8. Respingătoare și sufocante: anumite orchidee, anumite ploșnițe, narcotice.
9. Grețoase: carne putrezită, hoit.

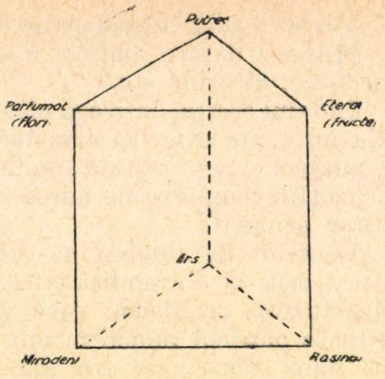
Zwaardemacker credea că fiecăreia din aceste clase îi corespunde o anumită categorie de substanțe chimice. El a emis chiar părerea că pentru fiecare clasă analizatorul olfactiv cuprinde receptori diferiți.

Ipotezele lui Zwaardemacker nu s-au confirmat și oamenii de știință au continuat să caute. Mai recent, Henning a propus o altă clasificare mai simplă, mai clară, care nu cuprinde decît șase mirosuri fundamentale: mirodenii, flori, fructe, rășină, miros de ars, putreziciuni. Pentru a cuprinde toată varietatea mirosurilor, Henning imaginează o prizmă a mirosurilor. Toate mirosurile pot fi socotite ca avînd o situație intermediară între aceste mirosuri fundamentale. Între flori și mirodenii s-ar situa lavanda, vanilia, etc. Între eterate și rășinoase s-ar situa mirosul de lămîie, de portocală, de fragi, de ananas etc., trecînd apoi la acetonă, terebentină etc. Mirosul de ceapă s-ar situa între putred și mirodenii; pătlăgeaua roșie între putred și parfumat etc.

Prizma lui Henning a stîrnit multe discuții. S-au făcut numeroase încercări de verificare punînd diferite persoane să așeze diverse substanțe, după miros, undeva în cîte un punct al prizmei. Dacă construcția

lui Henning ar fi fost valabilă, adică dacă ar fi corespuns unor relații obiective între mirosurile respective, ar fi trebuit ca toate persoanele să dea aceleași sau, cel puțin, aproximativ, aceleași răspunsuri.

Or, rezultatele obținute n-au corespuns. Multe din mirosurile prezentate n-au putut fi așezate nicăieri.



35. Prizma mirosurilor.

Multe persoane de experimentare au socotit că există și alte mirosuri care au aceleași drepturi de a fi socotite fundamentale, de pildă menta, sau camforul.

Clasificarea lui Henning și mai ales prizma sa, n-au rămas în picioare.

Atunci oamenii și-au amintit că, de fapt, mirosurile nu sînt chiar mirosuri pure. In realitate, de cele mai multe ori, mirosul specific al unei substanțe este o senzație complexă în care, în afară de mirosul propriu zis, intră și alte senzații.

Și e firesc ca lucrurile să se întîmple astfel, pentru că mucoasa care tapisează interiorul nasului cuprinde, ca și restul pielii corpului, receptori de cald, de rece, de atingere, de durere, iar mucoasa gîtului cuprinde și receptori ai gustului.

Așa se explică de ce vorbim de mirosuri dulci, înțepătoare, acre etc. Mirosul propriu zis e însoțit cu adevărat de aceste senzații provocate de acțiunea substanței respective asupra celorlalți receptori. Iată cîteva exemple interesante:

Miros + dulce: cloroform, iodoform, clorură de etil etc.

Miros + acru: acid acetic, butiric, valerianic etc.

Miros + rece: camfor, mentol, eucaliptol.

Miros + cald: alcool etilic (spirtul), alcool propilic.

Miros + durere (miros înțepător): amoniac, iod, acetonă, nicotină etc.

In felul acesta, întreaga clasificare trebuie revizuită. Ea nu poate avea un caracter obiectiv decît după ce o analiză experimentală atentă va izbuti să separe, din senzațiile complexe de miros, componentele aparținînd altor senzații.

Deosebit de interesantă este încercarea făcută în acest sens de Skramlick (1925). Cercetătorul și-a pus următoarea problemă: dacă vaporii substanței mirositoare pătrund numai în una din nări, putem noi să ne dăm seama care este nara excitată (bine înțeles, fără să fim ajutați de văz)? În cazul simțului tactil noi ne dăm seama în ce loc al pielii acționează excitantul: în palmă, pe vîrful unui deget, pe spate. Putem, cu alte cuvinte, localiza excitantul care acționează asupra pielii. În cazul mirosului, problema s-ar pune numai în privința celor două nări: ne dăm noi seama cu care nară am perceput un anumit miros? Întrebarea se referă, firește, la cazul în care numai una din nări a primit acțiunea substanței mirositoare.

Experimentatorul dădea persoanelor cu care făcea încercările două flacoane identice, dintre care unul conținea apă distilată, iar celălalt substanța mirositoare. Subiectul se ținea să nu respire, pînă cînd flacoanele nu erau așezate în dreptul celor două nări. În clipa aceea, subiectul inspira adînc și expira pe gură.

Ei bine, rezultatul a fost neașteptat. Subiecții au putut localiza bine unele substanțe, indicînd nara cu care au mirosit, în timp ce cu alte substanțe încercarea de localizare n-a izbutit. Iar între cele două categorii de substanțe s-a putut constata următoarea deosebire: puteau fi localizate substanțele în a căror impresie complexă de miros intrau și alte senzații (cald, rece, înțepare). Mirosurile care dădeau impresia de pure, cum ar fi mirosul de trandafir, de cuișoare etc. nu puteau fi cu nici un chip localizate, subiectul nu putea preciza cu care nară le-a simțit.

De unde, concluzia: analizatorul olfactiv nu distinge, între dreapta și stînga. Distincția aceasta o putem face numai cu ajutorul celorlalte excitații: de atingere, de durere, de temperatură (care, de altfel, își au drumul lor propriu spre creier — nu pe calea nervului olfactiv, ci pe calea nervului trigemen).

Iar în ceea ce privește încercările de clasificare a mirosurilor, fenomenul acesta este, de asemenea, important. El poate ajuta la deosebirea senzațiilor pure de miros de cele mixte, amestecate, urmînd ca încercările de clasificare să se refere numai la mirosurile pure.

Problema clasificării mirosurilor, problema mirosurilor fundamentale a fost atacată și pe altă cale: studiul substanțelor mirositoare.

Există, din punct de vedere chimic, vreo înrudire între substanțele mirositoare? O clasificare este aci posibilă?

În primul rînd, s-a reușit să se separe, din substanțele mirositoare, partea propriu zis mirositoare, substanța chimică ce dă mirosul specific.

Așa de pildă, în vanilie se găsește substanța chimică denumită vanilină, cu formula $C_8H_8O_3$, care este cea care dă mirosul respectiv. Violetele cuprind substanța cu formula $C_{13}H_{20}O$ sau iononul, substanță căreia i se datorește mirosul caracteristic al violetelor. Trandafirul își datorește mirosul geraniolului, cu formula $C_{10}H_{18}O$. Și așa mai departe.

Atacată din această direcție — a structurii chimice a substanțelor mirositoare — problema pare să cedeze. În primul rînd, omul devine capabil să prepare mirosuri. Odată cunoscute formulele substanțelor chimice mirositoare, se poate încerca prepararea acestor substanțe pe cale sintetică. Și oare nu procedează tocmai astfel fabricile de parfumuri, folosind într-o mică măsură esențe naturale și într-o mare măsură esențe sintetice?

Sigur, problema, din punctul de vedere al mecanismului fiziologic, nu s-a rezolvat. Noi nu știm să

preparăm mirosuri din alte mirosuri, cum știm să preparăm sunete din alte sunete (timbrul unui instrument din tonuri parțiale) sau o culoare din alte culori (din cele trei culori fundamentale). Găsirea tonurilor pure, a culorilor fundamentale ne-a ajutat să înțelegem și mecanismele de cunoaștere ale sunetelor și culorilor.

Dar noi nu știm să preparăm mirosuri naturale de flori, fructe, legume, din alte mirosuri socotite fundamentale, ci prin sinteza unor substanțe chimice obținem substanța cu mirosul dorit — ceea ce e altceva.

Mintea omenească sfredelește, însă, mai departe. Dacă putem cunoaște formulele chimice ale substanțelor mirositoare, n-ar fi posibil să găsim anumite înrudiri chimice între aceste substanțe, care să corespundă înrudirilor de miros? Cu alte cuvinte: substanțele care par să aparțină aceleiași categorii, din punctul de vedere al mirosului, au vreo înrudire între ele și din punct de vedere chimic?

Și iată că primele încercări par încununate de succes. În primul rînd se pare, că, din totalitatea de 90 de elemente, numai 16 intră în compoziția substanțelor mirositoare (hidrogen, carbon, siliciu; azot, fosfor, arsenic, antimoniu, bismut; oxigen, sulf, seleniu, telur; clor, flor, brom și iod).

Dintre aceste elemente numai halogenii (clorul, florul, bromul și iodul) par să aibă un miros ca elemente. Cea mai mare parte a substanțelor mirositoare sînt corpuri compuse, din categoria substanțelor organice. Corpurile compuse, cu formule asemănătoare, au mirosuri asemănătoare: cloroformul ($CH\ Cl_3$), bromoformul ($CH\ Br_3$) și iodoformul ($CH\ I_3$) au mirosuri asemănătoare

Se descoperă astfel multe asemenea regularități.

Totuși, aceste regularități nu sînt generale. Multe substanțe, între care nu există vreo înrudire chimică, au mirosuri asemănătoare.

Lucrurile se încurcă din nou. O lege generală a corespondenței dintre familiile de mirosuri și familiile de compuși chimici nu s-a găsit.

Dar dacă mergem mai departe, dincolo de moleculă, în intimitatea atomului?

Malcom Dyson, în 1938, emite o ipoteză seducătoare, bazată pe o serie de fapte: specificitatea unui miros anumit depinde de frecvența oscilațiilor intraatomice pe care le relevă efectul Raman.

Ce este efectul Raman?

Cititorul a făcut cunoștință cu fenomenul de difuziune a luminii; atunci cînd un fascicul luminos ajunge la suprafața de separație a două medii diferite, o parte a luminii se reflectă întorcîndu-se după o direcție determinată, altă parte a luminii trece mai departe în mediul al doilea refractîndu-se, frîngîndu-se, tot după o direcție determinată și, în sfîrșit, o a treia parte a luminii este răspîndită în toate direcțiile, adică difuzată. Datorită acestei difuziuni a luminii care cade pe diferitele obiecte, noi le putem vedea, chiar dacă nu sînt luminoase. Un astfel de obiect, care nu e el însuși izvor de lumină, nu poate fi văzut decît grație luminii pe care o primește. Obiectul reține o parte din radiații și trimite restul înapoi. Ceea ce ar însemna, așa cum arătam într-un alt capitol, simplificînd lucrurile, că lumina care se întoarce de la un obiect neluminos, datorită difuziunii și reflectării, nu conține nici o radiație în plus față de cele primite de obiectul respectiv de la izvorul de lumină. E momentul să corijăm această afirmație.

În 1928, fizicianul indian sir Chandrasekhar Raman și fizicienii sovietici Mandelstam și Landsberg , lucrînd cu totul independent, descoperă, în același timp, un fenomen extrem de interesant. Printre radiațiile difuzate de un corp, sub acțiunea luminii ce cade asupra sa, în afară de radiațiile identice cu cele primite, apar și altele noi, caracteristice corpului respectiv.

Malcom Dyson crede a fi descoperit că substanțele mirositoare se înrudesc în privința lungimii de undă a acestor radiații, pe care le pune în evidență efectul Raman, și care, la rîndul lor, sînt solii ale oscila-

ţiilor intraatomice caracteristice acestor substanţe.

Dar hotarul ipotezelor n-a fost depăşit. Simţul mirosului îşi păstrează încă, destul de bine, tainele.

36. Suprafaţa limbii. Se văd papilele gustative.

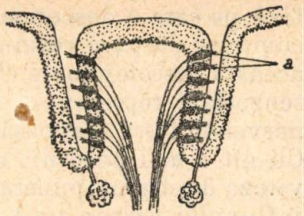
Ce ştim despre mecanismul gustului?

Aparatul receptor al gustului nu seamănă de loc, ca principiu de construcţie, cu cel al mirosului, cu care este înrudit prin originea comună. Mai multă asemănare are cu cel al auzului.

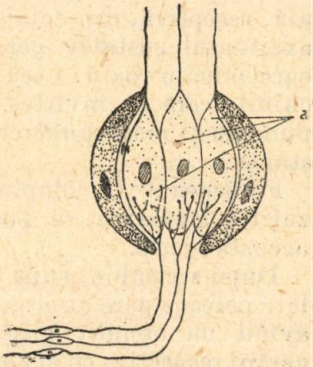
Excitaţia, provocată de diferitele substanţe introduse în gură, este preluată de fibre care intră în compoziţia a patru nervi diferiţi: glossofaringian, vag, facial şi trigemen. În bulb, excitaţiile gustative sosesc într-un singur punct, unde au o primă staţie. In talamus se află corpurile celulare ale a celei de-a doua serii de neuroni care, prin dendritele lor, preiau excitaţia din centrul bulbar al gustului. Din talamus pornesc dendritele celei de-a treia serii de neuroni — neuronii centrali. Unde se află neuronii centrali, unde se află zona de elaborare a senzaţiilor gustative, în ce regiune a creierului, nici azi nu se ştie precis.

După cum se vede, mucoasa limbii, a gîtului nu cuprind corpuri celulare de neuroni, ca în cazul mucoasei olfactive, ci doar terminaţii de fibre nervoase, iar corpurile celulare „vatra neuronului" se află în altă parte, în bulb.

Intră substanţele gustative în contact direct cu aceste terminaţii nervoase? Nu. Analizatorul gustativ cuprinde, în partea sa receptoare, adică în mucoasa limbii, celule senzoriale secundare, ca şi la analizatorul auditiv şi cel cutanat (al pielii), celule care mijlocesc acţiunea substanţei gustative asupra căilor nervoase.



37. Papilă gustativă: a — mugure gustativ



38. Mugure gustativ: a — celule senzoriale.

Aceste celule, care, deci, nu sînt de origină nervoasă, provin din celule ale pielii (celule epiteliale) însă modificate, adaptate special pentru acest rol. Celulele senzoriale sînt reunite, împreună cu alte celule epiteliale nemodificate, în mici pachetele: mugurii gustativi. Pachetelele la rîndul lor sînt strînse în dispozitive mai mari, numite papile caliciforme şi papile fungiforme.

Care este mecanismul gustului?

Care sînt procesele care au loc în receptorii limbii, sub acţiunea substanţelor gustative?

In primul rînd, este dovedit că o substanţă nu poate acţiona asupra receptorilor gustului decît în stare lichidă. Solidă fiind, ea trebuie să fie solubilă în salivă.

Dar mai departe? Există toate motivele să credem că celulele senzoriale ale gustului conţin substanţe în stare să intre în reacţii chimice cu excitanţii gustativi.

Renumitul savant rus Lazarev a emis următoarea teorie: excitantul gustativ, pătrunzînd în celula senzorială a gustului, întîlneşte acolo o substanţă recep-

tivă pe care o descompune, întocmai cum lumina descompune purpura retiniană din celulele vizuale. Însăşi această descompunere chimică, ce se produce în celula senzorială, reprezintă factorul care va declanşa influxul nervos în fibra nervoasă cu care celula vine în contact. Cu cît e mai puternic excitantul, cu atît e mai mare viteza de descompunere şi cu atît e mai mare frecvenţa influxului nervos sosit la creier — deci, cu atît va fi mai intensă şi senzaţia. Din substanţa rezultînd din descompunere se va regenera mereu substanţa iniţială, receptivă, din celulele gustative. Cu alte cuvinte, excitantul gustativ pare asemenea şuvoiului de apă care mînă o roată. Ceea ce mînă însă este un proces chimic care se învîrteşte în loc, constînd în descompunerea şi recompunerea neîncetată a aceleiaşi substanţe.

Fenomenul de adaptare pe care-l întîlnim la senzaţiile gustative se poate explica foarte bine prin această teorie.

După scrumbie, supa pare nesărată, sau după ciocolată cafeaua pare amăruie. Sub acţiunea unei substanţe, avînd un anumit gust, scade sensibilitatea pentru gustul respectiv, ca şi cînd simţul ar obosi, ar înregistra mai puţin.

În cadrul teoriei lui Lazarev, explicaţia adaptării poate fi dată astfel: substanţa din celula senzorială, prin descompunerea căreia ia naştere influxul nervos, nu izbuteşte să se regenereze în măsura în care se descompune. Ea se epuizează treptat, sub acţiunea neîntreruptă a excitantului. Astfel, ea va putea servi din ce în ce mai puţin ca factor mijlocitor pentru declanşarea influxului nervos.

Explicaţia nu e completă, dacă nu ţinem seama de faptul că şi scoarţa cerebrală are un cuvînt de spus. Scăderea sensibilităţii gustului pentru o anumită substanţă, din care am consumat mai mult, trebuie să fie şi efectul apariţiei ulterioare, în celulele corespunzătoare din creier, a inhibiţiei, datorită inducţiei negative.

Teoria lui Lazarev este considerată azi, în linii mari, ca valabilă, fără să se fi putut însă urmări în detaliu desfășurarea fenomenelor.

A doua problemă care se pune este următoarea: care sînt procedeele prin care sistemul nervos realizează analiza, sortarea, identificarea imensului număr de gusturi pe care omenirea le cunoaște?

Lucrurile sînt aici mult mai clare decît la miros. Trebuie însă, în primul rînd, să lăsăm la o parte, ca și în cazul mirosului, toate acele senzații care, fără să ne dăm seama, iau parte la impresia complexă de gust.

Vanilia sau coaja de lămîie schimbă gustul propriu-zis al prăjiturilor și le fac mai fine? Sau e vorba de un parfum în plus, care se adaugă impresiei complexe de gust?

Supa rece are alt gust decît supa fierbinte? Are alt gust, firește. Supa fierbinte e mai bună. Dar nu e vorba de o schimbare intervenită în senzațiile de gust ca atare, ci în senzațiile de temperatură care le întovărășesc pe acestea în impresia complexă a gustului mîncării.

Cui îi place berea caldă? Și asta numai pentru că lipsește componenta rece, care are un rol activ în formarea gustului plăcut al unei halbe.

Iar cît despre piper, muștar, ardei, condimente care „iuțesc" mîncarea, nu e clar că e vorba aici și de o componentă tactilă (senzație de înțepare) sau chiar dureroasă?

Temperatura, atingerea, durerea, mirosul iau parte, în diferite feluri, la formarea impresiilor gustative complexe care au ajuns, în viața civilizată, la un mare rafinament.

Bietul cetățean sîcîit de un guturai, care se plînge că mîncarea nu mai are gust pentru el, nu știe că de fapt e vorba de miros și nu de gust.

Dacă, deci, dăm de o parte toate aceste senzații care întovărășesc senzațiile propriu-zise de gust, ce rămîne?

Regăsim aici aceeași varietate nesfîrșită de impresii particulare, singulare, pe care am găsit-o în domeniul mirosului?

Ei bine, nevoia de sintetizare, de ordine a minții omenești se simte pe deplin satisfăcută. După toate cunoștințele pe care le avem pînă azi, se pare că analizatorul gustului funcționează în această activitate de analiză, sortare și identificare a domeniului care-i revine, după același principiu ca și ceilalți analizatori: auz, văz, simțurile pielii.

Și aici întreaga varietate de calități cunoscute se poate reconstitui dintr-un număr limitat de calități esențiale. Întreaga varietate a gusturilor propriu-zise se poate obține din combinarea, în proporții variate, a patru gusturi fundamentale: acid (acru), dulce, amar și sărat. Nu există nuanțe calitative de acid. Toți acizii — dacă se elimină alte senzații și, în primul rînd, cele de miros — au același gust. Tot așa se poate vorbi de un dulce pur etc.

Dacă lucrurile stau astfel, atunci înseamnă că trebuie să putem prepara toate gusturile existente numai amestecînd, în proporții variate, patru substanțe, avînd fiecare cîte unul din cele patru gusturi fundamentale. Brînză, ciocolată, ceai, carne, prune, orice gust trebuie să poată fi reconstituit.

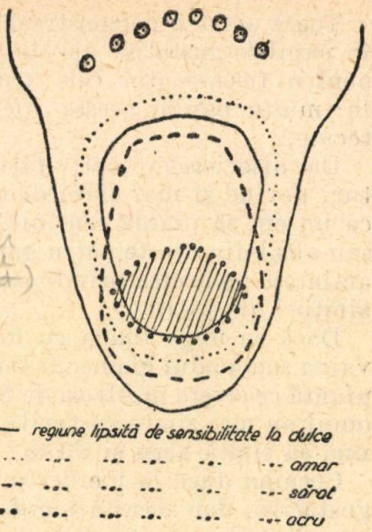
Și se pare — oricît de curios ar fi — că lucrurile stau chiar astfel.

Von Skramlick a izbutit să prepare 24 de gusturi diferite, ale unor substanțe cunoscute, folosind acid tartric, clorură de sodiu (sare), zaharoză sau glucoză și clorhidrat de chinină.

Cercetătoarea rusă Barîșeva a izbutit, cu aceleași substanțe, să reproducă gustul de ceai, cafea, cacao, strugure etc.

În al doilea rînd, dacă gusturile acid, dulce, amar și sărat apar ca gusturi simple, fundamentale, aceasta înseamnă că există toate șansele să regăsim, în structura analizatorului gustativ, aparate distincte pentru fiecare din aceste gusturi.

Și în sprijinul acestui fapt există multe argumente convingătoare. În primul rînd, limba nu este la fel de sensibilă la aceste gusturi, în diferite regiuni ale ei.



39. Regiunile limbii care nu percep anumite gusturi.

Sensibilitatea la amar este maximă la baza limbii, în timp ce dulcele e simțit în primul rînd cu vîrful limbii — astfel încît o substanță dulce-amăruie e simțită dulce cu vîrful limbii și amăruie cu baza limbii. Sensibilitatea pentru acid și sărat e mare pe părțile laterale ale limbii — puțin mai în față pentru sărat.

Mai mult: cu toate că papilele gustative cuprind un număr mare de celule senzoriale (și care ar putea avea roluri diferite), totuși cercetătorii au putut stabili că papilele nu funcționează la fel pentru toate gusturile.

Oehrwall (1891), din 125 de papile explorate, a găsit 92 sensibile la acid, dintre care 12 sensibile numai la gustul acid, 79 sensibile la dulce și dintre acestea, 3 sensibile numai la dulce și 7 sensibile la amar. Iar Kiesov (1898), din 35 de papile explorate, a găsit 18 sensibile la gustul acid, dintre care trei numai la acest gust, 26 sensibile la dulce, dintre care 7 sensibile exclusiv la dulce, 18 sensibile la sărat, dintre care 3 numai la sărat și 13 sensibile la amar (dar și la alte gusturi).

Toate acestea demonstrează că există, în orice caz, în papilele gustative ale limbii, elemente specializate pentru fiecare din cele patru gusturi, chiar dacă în multe papile aceste elemente se găsesc amestecate.

Dar disocierea receptivității pentru aceste patru gusturi devine și mai clară dacă ne gîndim că e posibil ca un om să piardă sensibilitatea numai pentru unul sau altul din aceste patru gusturi. Experiențele făcute amintesc pe acelea privitoare la disocierea celor patru simțuri ale pielii.

Dacă se unge limba cu anumite substanțe ca stovaina sau acidul gimnemic (substanță obținută dintr-o plantă ce crește în Africa de Sud, Gymnema Silvestra), omul nu mai simte gusturile amar și dulce, dar continuă să simtă acru și sărat.

Cocaina duce la pierderea completă a sensibilității gustative, dar această pierdere atinge pe rînd pe fiecare din cele patru gusturi: întîi amar, apoi dulce, apoi sărat și la urmă de tot dispare sensibilitatea pentru acru.

Se vede, deci, că toate faptele pledează în favoarea ideii că recepționarea și transportul mesajelor gustative se fac distinct, pentru fiecare din cele patru gusturi găsite ca fundamentale.

O probă decisivă s-ar putea obține, dacă s-ar putea separa efectiv aceste căi, dacă s-ar putea urmări, de-a lungul nervilor, traseele celor patru categorii de senzații.

Acest lucru a putut fi, în parte, realizat în ultimii ani, grație extraordinarelor posibilități pe care le pune la dispoziția electrofiziologiei tehnica modernă. Ca și în cazul analizatorului vizual sau auditiv, cercetătorii au izbutit să separe, să izoleze fibre nervoase și din nervii gustativi. Experiențele s-au făcut pe nervi de pisică. Au fost așezați micro-electrozi pe aceste fibre cu ajutorul cărora cercetătorul putea înregistra influxurile nervoase ce ar lua naștere în ele.

El a început apoi să excite limba animalului pe rînd, cu cîte una din substanţele corespunzătoare celor patru gusturi fundamentale: acid, zahăr, chinină şi sare.

Trebuie spus din capul locului că rezultatele obţinute nu pot fi socotite pe de-a întregul valabile la om. Ceea ce interesează este dacă o anumită substanţă provoacă influxuri numai în anumite fibre, în timp ce altă substanţă va provoca influxuri în alte fibre.

Ce a constatat Pfafmann, cercetătorul care a realizat aceste experienţe?

Folosind zahărul nu a izbutit să provoace reacţii în nici una din fibre. Rezultatul acesta nu spune nimic, pentru că se poate foarte bine ca experimentatorul să nu fi izbutit să dispună de fibrele respective.

Încercînd cu sarea, el constată însă — şi tocmai acest fapt este preţios — că numai anumite fibre răspund!

Încercînd cu chinina, el constată acelaşi lucru: numai anumite fibre răspund, altele decît cele care au răspuns pentru sare.

În liniile ei esenţiale, teoria pare să obţină astfel o confirmare strălucită: două din gusturi, săratul şi amarul, au căi proprii, distincte, de acces spre creier.

Gustul acid — acrul — ne dezamăgeşte însă: toate fibrele răspund la acid. Există, totuşi, fibre care răspund numai la acid — ceea ce este de asemenea un fapt pozitiv în sprijinul teoriei.

Bilanţul? E posibil ca lucrurile să nu fie chiar atît de simple cum se părea la început. Că există fibre cu atribuţii diferite în transportarea mesajelor gustative, acest lucru a devenit neîndoielnic.

Nu este, însă, clar ce relaţii există între aceste căi nervoase. Dacă aceeaşi fibră poate transporta şi mesajul acid şi pe cel sărat, unde, cînd, cum se face separaţia? Răspunde fibra diferit celor două substanţe diferite? E îndoielnic. Nu s-ar potrivi cu principiul întîlnit la ceilalţi analizatori (afară de cel olfactiv): fibra şi calitatea. Atunci poate că la realizarea transportului unui mesaj nervos iau parte diferite cate-

gorii de fibre? O concluzie clară nu se poate obține, însă, pînă nu se cunoaște și rolul laboratorului central, al scoarței cerebrale, unde are loc operația definitivă de înregistrare, de sortare, de identificare a mesajelor nervoase. Valoarea cercetărilor lui Pfafmann constă în confirmarea existenței unor fibre cu atribuții diferite în cadrul analizatorului gustativ. Exact, cum se face recepționarea și transportul celor patru gusturi fundamentale — nu știm deocamdată.

...ȘI PROPRIUL NOSTRU CORP

Merg, grăbit, pe stradă, ca să ajung mai de vreme acasă. La un moment dat, neatent, mă împiedic de o piatră. Piciorul oprit de piatră a rămas în urmă, iar corpul și-a continuat înaintarea, datorită inerției. N-a lipsit decît foarte puțin ca să cad. Dar, extrem de prompt, o serie de mușchi au intrat în joc. Piciorul liber a fost împins mult înainte, mărindu-se astfel baza de susținere și corpul a fost redresat, îndreptat.

E vorba oare de un calcul, de o acțiune chibzuită în care îmi spun: „Dacă rămîn așa, corpul meu n-are echilibru și voi cădea. Trebuie să împing mult piciorul înainte ca să măresc baza de susținere"?

Dacă raționamentele ar fi trebuit să intervină, atunci, fără îndoială că aș fi căzut, pentru că mișcarea n-ar fi fost destul de promptă, ar fi întîrziat prea mult.

De fapt, însă, răspunsul meu are, în acest caz, un caracter automat, nepremeditat, asemenea unui mecanism declanșat printr-o simplă apăsare de buton.

Cînd mă aplec să ridic un obiect căzut, corpul meu ia o poziție neobișnuită. Măsura în care mă înclin tre-

buie controlată clipă de clipă. Dacă mă înclin prea mult, echilibrul se va strica și mă voi răsturna, așa cum se răstoarnă un copil mic care n-a învățat încă să se țină destul de bine pe picioare.

Înotătorul cufundat sub apă, la o oarecare adîncime, nu mai este ajutat de văz ca să-și dea seama în ce poziție se află corpul său. Cu toate acestea, el nu greșește și vrînd să iasă la suprafață nu va înota spre fund, ci în sus, către suprafața apei.

Corpul nostru nu este o sferă făcută dintr-un material omogen. Poziția în care ne mișcăm normal este cu capul în sus. Culcați fiind, ne vom ridica pentru a merge. Împiedicîndu-ne în timpul mersului, se vor pune în mișcare o serie de mușchi pentru a salva poziția noastră normală.

Poziția noastră... în raport cu ce? În raport cu pămîntul. Pămîntul nu este numai un suport pasiv. El ne reține, ne atrage către sine, altfel am fi azvîrliți în spațiu. Acestei acțiuni, pe care pămîntul o exercită asupra corpului, trebuie să-i răspundem, de asemenea, activ, pentru că viața trebuie să facă față unei serii întregi de fenomene, care ne solicită altfel decît pămîntul, care ne obligă la alte mișcări, reacții, poziții, decît ne obligă atracția pămîntului. Căutăm lumina, aerul, o poziție din care să avem o perspectivă cît mai cuprinzătoare. Căutăm să cucerim spațiul în întindere și în înălțime.

Față de această atracție exercitată permanent de pămînt (forța gravitației) omul trebuie să-și poată menține o relativă independență. Dar nu numai omul: orice organism viu trebuie să fie în stare, într-o măsură mai mică sau mai mare, să se opună acțiunii acestei forțe, să-i răspundă activ, așa cum răspunde activ și altor influențe, cum ar fi cele de natură chimică.

Creșterea plantei se face într-un sens determinat în raport cu pămîntul. Dar numai rădăcina crește spre pămînt, în jos. Tulpina se înalță, se ridică în sus, spre soare, se depărtează de pămînt, împotrivindu-se forței

sale. Geotropism (orientarea în raport cu pămîntul) pozitiv în cazul rădăcinii, geotropism negativ în cazul tulpinii. Și aceasta nu în funcție de felul în care a fost pusă sămînța în pămînt. Indiferent de așezarea seminței, rădăcina se va îndrepta în jos și tulpina în sus. Cu alte cuvinte, tocmai acestei forțe — atracția pămîntului — îi răspunde planta prin direcția și sensul creșterii ei.

Așezate într-o eprubetă cu apă, alge, bacterii, infuzori — viețuitoare minuscule — vor manifesta repede o preferință în raport cu poziția lor. Algele monocelulare vor înota în sus, către suprafața apei, în timp ce bacteriile se vor aduna la fund. Scuturînd ușor eprubeta, algele și infuzorii vor cădea de asemenea la fund, dar își vor relua repede ascensiunea.

Gravitatea nu acționează, firește, numai asupra organismelor vii. Ochelarii mei rămîn pe birou și n-o pornesc în spațiile cosmice tocmai pentru că-i atrage pămîntul. Dacă, din nebăgare de seamă, îi voi împinge spre marginea biroului, ochelarii mei vor cădea, atrași de aceeași forță. Vaza cu flori din fața mea stă liniștită. Dar ia s-o aplec. Se va răsturna, fără îndoială, iar apa se va răspîndi pe birou, pe jos.

Gravitatea nu scutește de loc obiectele neînsuflețite de acțiunea ei. Deosebirea este, însă, că aceste obiecte suportă doar acțiunea gravității, i se supun pasiv, în timp ce organismul viu, prin modul în care se dezvoltă (la plante), sau prin mișcările sale (la animale), răspunde activ acestei forțe potrivit cu necesitățile sale.

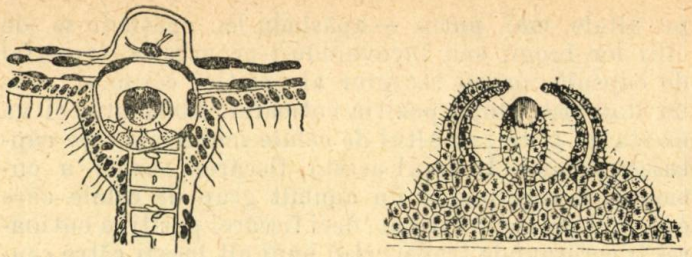
Prin ce mecanisme înregistrează organismul acțiunea gravității? Principiul după care este confecționat organul receptor este simplu — și a rămas același la toate animalele, începînd cu cele mai simple la care găsim organe receptoare (meduzele) și terminînd cu omul. O capsulă, o încăpere căptușită cu celule senzoriale în care se află unele substanțe — un lichid, o pulbere fină, niște grăunțe, care se pot mișca în interiorul cutioarei. Lichidul, pulberea, grăunțele excită într-un fel oarecare celulele senzoriale — pe unele mai mult,

pe altele mai puțin — apăsîndu-le, agățîndu-se de cilii lor lungi, sau încovoindu-i pe aceștia. O astfel de capsulă, organ receptor al poziției corpului, este un statocist. După poziția cutioarei, conținutul ei va excita un grup sau altul de celule senzoriale care căptușesc pereții. În felul acesta, fiecărei poziții a cutioarei îi corespunde un anumit grup de celule care este mai puternic excitat, deci fiecărei poziții a cutioarei îi corespunde transportul unui alt mesaj către centrii nervoși. Există poziții favorabile și nefavorabile pentru organism. În anumite împrejurări, sînt necesare anumite poziții. În alte împrejurări, alte poziții ale corpului devin folositoare. Pe baza mesajelor primite de la celulele senzoriale ale cutioarei, creierul va lua măsurile de rigoare. Va comanda unor mușchi diverse contracții și destinderi, care vor aduce corpul din poziția în care se află, în poziția cea mai favorabilă.

La animalele unicelulare, se înțelege, nu poate fi vorba de organe receptoare specializate. Totuși, cum am văzut, și aceste minuscule ființe răspund activ acțiunii gravității.

Cum? Nu e clar. Unii (Jensen, Verworn) au crezut că distincția între *sus* și *jos* se face la aceste animale prin diferențele de presiune exercitate de lichidul în care trăiesc, la cele două extremități, cea de sus și cea de jos. Presiunea exercitată la capătul de sus e mai mică, decît cea exercitată la capătul de jos, și, dacă e vorba de un infuzor, acesta se va mișca în sensul presiunii mai mici, adică în sus. Lucrurile s-ar petrece ca și cînd noi, oamenii, am izbuti să înregistrăm, cu ajutorul pielii, diferențele de presiune exercitate de aer în regiunea capului și în regiunea picioarelor. Cam greu de admis, ținînd seama că astfel de diferențe — mai ales la dimensiunile infuzorului — sînt neînchipuit de mici.

Alții (Lyon, de pildă) au susținut o teorie mai acceptabilă. În corpul animalului monocelular — e vorba mai ales de infuzori — se găsesc diferite particule (de exemplu grăunțe de hrană). Regiunile în care



40. Statociști de meduze

astfel de grăunțe sînt mai aglomerate, au o densitate mai mare. În timp ce infuzorul se mișcă, se rotește, urcă, coboară, aceste grăunțe vor exercita în interiorul corpului, sub acțiunea gravității, presiuni variate care vor constitui tot atîtea excitații pentru animal. Unica celulă care formează întregul corp al animalului joacă, deci, ea însăși, rolul propriului ei statocist.

Dar la meduze, la care găsim un sistem nervos primitiv, la care găsim ochi cu cristalin și retină, apare un adevărat statocist, organ receptor al poziției și deplasărilor corpului. Seamănă cu un clopoțel. În cutioara căptușită cu celule senzoriale, o celulă s-a alungit, s-a umflat, a devenit mai grea, umplîndu-se cu grăunțe de calcar și a început să semene cu o limbă de clopot. În momentul în care animalul își schimbă poziția, limba de clopot își schimbă și ea poziția în raport cu interiorul cutioarei (imaginați-vă un clopoțel pe care-l înclinați într-o parte sau în alta) și se schimbă, deci, și celulele pe care aceasta le va excita la maximum. La baza fiecărui tentacul al animalului se găsește cîte un astfel de post de informare.

În viața multor viermi, statociștii joacă un rol important. Viermele marin inferior Convoluta Roscoffensis, care trăiește pe fundul apelor, dispare imediat sub nisip, ascunzîndu-se, atunci cînd se ivește vreun fapt care poate prevesti o primejdie: o lumină bruscă, vie, o zdruncinare, uscarea nisipului.

Cu un vierme, Arenicola, vierme care trăiește pe coasta mării, s-a făcut următoarea experiență interesantă:

Într-un tub de sticlă s-a pus un strat de nisip și, deasupra, viermele. Acesta a început să sape în nisip cu capul în jos și a săpat, înfundîndu-se astfel, pînă a străbătut tot stratul. Cînd tubul a fost răsturnat, astfel ca viermele să ajungă din nou deasupra, s-a văzut cum își reia operația de săpare, afundîndu-se, cu capul în jos, în nisip. Cînd statociștii viermelui au fost distruși de experimentator, orientarea animalului în raport cu gravitatea a fost tulburată.

Statociștii melcilor n-au nimic special: mici vezicule căptușite cu celule senzoriale și în care se mișcă statolitele, grăunțele de calcar. Cu ajutorul acestor organe, melcii izbutesc să obțină o informare foarte fină asupra poziției corpului lor și să-i imprime cu precizie mișcarea necesară la un moment dat.

Piéron — un cercetător francez — a vîrît un melc sub apă, așezîndu-l acolo pe o placă de sticlă înclinată. Melcul a început să urce, căutînd să ajungă la suprafață. Interesant nu e numai faptul că melcul urca, dar că găsea și direcția cea mai potrivită, drumul cel mai scurt, care să-l scoată la suprafață, și anume, linia de cea mai mare pantă.

Experimentatorul schimba mereu înclinația plăcii de sticlă sub apă și de fiecare dată melcul găsea linia de cea mai mare pantă, cu o finețe de apreciere mergînd pînă la un unghi de 20′!

Foarte frumoase sînt experiențele pe care le-a făcut, cu cîteva decenii în urmă, A. Kreidl privind rolul statociștilor în orientarea în spațiu a racului. Racul are la cap o pereche de antenule, un fel de mustăți mici, care servesc racului ca organe de pipăit. La baza acestor antenule se află cîte o mică deschizătură, ca o crăpătură, care duce într-un săculeț. Săculețul servește ca statocist. El e umplut cu o pulbere, care excită terminațiile celulelor senzoriale ale săculețului. În timpul năpîrlirii racului este îndepărtată și căptu-

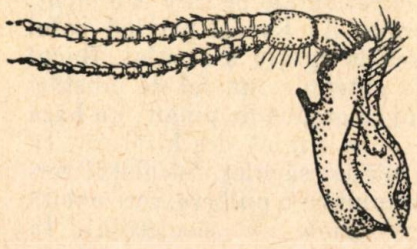
șeala de chitină a statocistului și odată cu ea sînt îndepărtate și grăunțele, statolitele. Racul își procură alte statolite, înfundîndu-și capul în nisip și vîrîndu-și firicelele de nisip în săculețele statociștilor.

Kreidl a așezat o crevetă (un crustaceu înrudit cu racul) într-un vas pe fundul căruia se găsea, în loc de nisip, pilitură de fier. Creveta s-a folosit de pilitura de fier ca și de nisip: și-a umplut statociștii cu ea. Acum experimentatorul, folosind un magnet, putea obține din partea crevetei poziția pe care o dorea. Asupra piliturii de fier magnetul exercita o atracție pe care, asupra firelor de nisip, nu o putea exercita decît gravitatea.

Cînd experimentatorul a așezat un magnet destul de puternic deasupra crevetei, atracția magnetului a învins atracția gravității și creveta a început să înoate pe spate ca și cînd pămîntul s-ar fi aflat deasupra. În realitate nu se afla decît magnetul.

Nu există statociști la toate artropodele. Insectele, de pildă, nu au statociști, deși este evident că și aceste animale reacționează activ la acțiunea gravității. Cum se petrec lucrurile în acest caz, nu știm clar.

La vertebrate, statociștii apar încă de la pești, cu compartimentele pe care le cunoaștem: utricula, sacula și canalele semicirculare. Cititorul își amintește că organul rudimentar al auzului (sau mai exact al recepționării vibrațiilor) este constituit tocmai de acești statociști, a căror funcție de bază este cea de receptor al poziției corpului.



41. Antenulă și statocist la rac

Treptat s-au dezvoltat și alte părți ale urechii: melcul, urechea mijlocie, urechea externă, ca dispozitive ale organului auditiv, iar

încăperile inițiale au rămas la dispoziția simțului poziției în spațiu a corpului.

Cum funcționează acest aparat receptor la mamiferele superioare și la om?

Cele trei canale semicirculare sînt așezate în trei planuri perpendiculare între ele. Imaginați-vă o carte deschisă, cu coperțile făcînd între ele un unghi drept și cu cotorul așezat, tot perpendicular, pe masă. Poziția coperților și a mesei ne arată așezarea în spațiu a canalelor semicirculare. Această așezare este probabil în legătură cu rolul lor de determinare a poziției și deplasărilor corpului în spațiu. Fiecare canal semicircular se termină, la unul din capete, cu o umflătură, ampula (figura 24). În această porțiune mai dilatată a canalului se găsește o ieșitură, o creastă (crista ampullaris). În această creastă se găsesc celulele senzoriale — celule accesorii de origină epitelială — semănînd cu niște cupe și prelungindu-se cu cili. O substanță gelatinoasă învăluie această creastă pe întreaga ei lungime și în ea sînt cufundați cilii celulelor senzoriale.

Dispozitive asemănătoare se află și în săculețe — în utricula, în care se deschid canalele semicirculare, și în sacula, săculețul vecin care comunică cu utricula. Și în aceste săculețe se observă cîte o ieșitură, o proeminență (macula) formată dintr-o masă gelatinoasă ce cuprinde fine grăunțe de fosfat de calciu și în care pătrund cilii celulelor senzoriale din pereții săculețelor. Toate aceste încăperi, canalele semicirculare, utricula și sacula sînt pline cu un lichid numit endolimfă.

La aceste celule senzoriale — și la cele ale ampulelor din canalele semicirculare, cît și la cele ale maculelor din utriculă și saculă — sosesc terminații ale ramurei vestibulare a nervului VIII (nervul auditiv). Cititorul și-amintește că cealaltă ramură a acestui nerv provine de la melc și transportă mesajele auditive. Excitațiile provenite de la receptorii pozițiilor corpului sînt conduse, pe căi complicate, la bulb,

la creierul mic, la creierul mijlociu şi, în sfîrşit, la scoarţa cerebrală — într-un loc rămas pînă azi necunoscut.

Cum funcţionează acest aparat receptor?

După cum par să dovedească cercetările mai noi, rolul canalelor semicirculare este diferit de cel al utriculei şi saculei.

Canalele semicirculare servesc în special pentru recepţionarea mişcărilor circulare, ca şi pentru recepţionarea acceleraţiilor sau încetinirilor în mişcările rectilinii. În momentul în care capul se mişcă, de pildă, spre stînga, endolimfa, prin inerţie, rămîne în urmă şi înclină spre dreapta crestele în care pătrund cilii celulelor senzoriale. Această înclinare a crestelor va excita, deci, celulele senzoriale care vor transmite, prin fibrele nervoase, mesaje spre centrii respectivi din creier.

De ce spunem că receptorii aceştia intră în acţiune la mişcări circulare şi la acceleraţii sau încetiniri? Mişcările rectilinii uniforme (în linie dreaptă şi cu viteză constantă) nu sînt recepţionate? Nu, acestea nu sînt recepţionate. Dacă ne-am afla închişi într-un vehicul care ar luneca în linie dreaptă cu o viteză constantă şi fără nici o zguduire, ar fi absolut imposibil să ne dăm seama de mişcarea vehiculului (să nu uităm, e vorba de un vehicul închis, din care nu putem privi afară, ca să ne folosim, prin văz, de puncte de reper). Indiferent care ar fi viteza, situaţia ar fi, pentru noi, absolut aceeaşi şi lucrurile s-ar petrece exact ca şi cînd am fi în repaus. În realitate, nu numai simţurile noastre nu pot înregistra o asemenea mişcare. Nu există nici un aparat, nici un procedeu fizic prin care o astfel de mişcare să poată fi înregistrată din interiorul vehiculului. Mai mult: în realitate, aşa cum se ştie din fizică, nu se poate stabili o deosebire absolută între repaus şi mişcarea rectilinic uniformă. Numai relativ, numai în raport cu un reper se poate spune despre un corp că e în repaus sau în mişcare rectilinie uniformă.

Receptorul urechii noastre interne, receptorul vestibular cum i se spune (utricula și sacula formează la un loc vestibulul), care este în primul rînd un aparat fizic, nu poate nici el face o deosebire între repaus și mișcarea rectilinie uniformă.

În cazul accelerațiilor, însă, lucrurile se schimbă. Acestea pot fi în mod absolut înregistrate, fără să fie nevoie de puncte de reper. În momentul în care trenul pornește sau frînează, sau în momentul în care schimbă viteza, orice obiect aflat în compartiment și care nu e bine fixat e aruncat din locul său. Și noi înșine sîntem aruncați înainte sau înapoi în asemenea împrejurări — ceea ce, oricum, ar fi de ajuns ca să ne dăm seama de accelerație. Dar chiar dacă am fi prinși în curele și imobilizați, tot ne-am da seama dacă vehiculul în care ne aflăm își schimbă viteza mișcării (bine înțeles, dacă această schimbare nu e prea slabă) datorită faptului că endolimfa din canalele semicirculare, ca urmare a acestui fapt, va presa într-un fel sau altul asupra crestelor, ceea ce va excita celulele senzoriale.

Același lucru și în cazul unei rotații. Prin forța centrifugă care se dezvoltă, mișcarea de rotație poate fi pusă în evidență. În canalele semicirculare rotațiile la care este supus corpul nostru sînt înregistrate prin mișcarea endolimfei și presiunea exercitată asupra crestelor.

S-ar putea trage, poate, de aici concluzia că, în cazul în care corpul nostru rămîne nemișcat, nici un fel de mesaj nu mai este trimis creierului.

Așa ar sta lucrurile, dacă n-ar exista gravitatea. Dar existența gravității, a atracției pămîntului, face ca și în stare de repaus să se nască în receptorii urechii interne, în receptorii vestibulari, mesaje ce pornesc spre creier.

Nu numai schimbarea de poziție a corpului este înregistrată (atunci cînd se face prin accelerații sau mișcări circulare), dar și poziția însăși cînd rămîne neschimbată.

În acest caz intră în joc — după cum se crede — maculele din utriculă și saculă. Aceștia sînt receptorii specifici ai pozițiilor corpului.

În raport cu poziția corpului, deci și a capului, endolimfa va presa într-un fel sau altul masa de gelatină a maculelor, ceea ce va duce la excitarea corespunzătoare a celulelor senzoriale.

În mod obișnuit, noi ne dăm seama de poziția corpului nostru cu ajutorul unui șir întreg de informații. În primul rînd, văzul este cel care ne informează cum stăm, cum ne mișcăm, și aceste informații sînt, în mod normal, de o mare precizie. Apoi, simțul tactil și cel muscular. Stînd în picioare, tălpile suportă presiunea corpului. Stînd culcat pe spate, presiunea aceasta se exercită pe pielea spatelui, presiune exercitată mai mult sau mai puțin uniform, după cum e și obiectul pe care stau culcat: moale sau tare.

În alte împrejurări, însă, sîntem lipsiți de astfel de informații. Înotătorul aflat sub apă, la oarecare adîncime, nu mai este ajutat de văz, iar presiunea apei, răspîndită în mod uniform pe suprafața corpului, nu-l mai ajută nici ea. În acest caz, simțul pozițiilor trebuie să se dovedească a fi în stare să obțină, singur, informații juste. În caz contrar, înotătorul ar fi pierdut.

La fel se pune problema și pentru aviator în zborul prin ceață. Dar aici, din păcate, perceperea nemijlocită a poziției corpului este de mic ajutor. Accelerațiile la care este supus avionul în timpul zborului deformează într-o asemenea măsură senzațiile, încît zburătorul nu se poate bizui pe ele. E posibil ca pilotul să nu-și mai dea seama dacă zboară orizontal sau înclinat, în linie dreaptă sau în cerc, cu capul în sus sau cu capul în jos și numai aparatele de bord îl pot salva.

Excitarea mai puternică a receptorilor vestibulari poate avea urmări neplăcute. Dacă ne învîrtim în loc cîtva timp, în momentul cînd ne oprim ne vine ameteală. Endolimfa, continuînd să se miște și după ce

ne-am oprit, în virtutea inerției, excită în mod neobișnuit receptorii canalelor semicirculare.

Răul de mare nu este decît rezultatul unei astfel de excitări neobișnuite a receptorilor de poziție, ca urmare a înclinațiilor vasului și, deci, și a corpului.

Mesajele sosite de la receptorii canalelor semicirculare, ai utriculei și saculei sînt recepționate de centrii bulbului, ai creierului mic, ai creierului mijlociu, care comandă în mod reflex, automat, jocul de contracții musculare prin care organismul răspunde în diferite împrejurări.

Așadar, în general, nu e vorba de senzații, de reflectări subiective realizate prin preluarea și identificarea mesajelor de către scoarța cerebrală, ci de circuite receptoare-efectoare care funcționează în mare măsură automat. Noi luăm cunoștință mai mult de efectele excitării receptorilor vestibulari, adică de mișcările, de actele de redresare, de îndreptare prin care corpul răspunde unor anumite poziții în care e așezat. Așa se întîmplă cînd ne împiedicăm, în timp ce alergăm, și centrii nervoși comandă reacțiile potrivite pentru a ne feri de cădere și a ne îndrepta.

Tot așa se întîmplă, însă, și cînd stăm în picioare, ședem sau mergem liniștiți. Și în acest caz este necesar ca în fiecare clipă mesajele sosite de la receptorii urechii interne să fie primite de centrii motori din bulb și creierul mic pentru ca aceștia să comande mușchilor contracțiile și destinderile necesare menținerii poziției normale a corpului. Acest circuit de mesaje de la receptori la centri și de la centrii motori la mușchi se face permanent, dar fără știrea noastră. Noi *nu aflăm*, mai întîi, ce poziție a luat corpul la un moment dat, pentru ca *apoi* să răspundem. Lucrurile se petrec extrem de repede și noi ne dăm seama, de pildă, că era să cădem (sau că am căzut), după consumarea faptelor, deci prin *efectele* poziției nefavorabile. Și e firesc să fie așa, ținînd seama de faptul că aici e nevoie de reacții extrem de prompte, de sigure

de repezi, unde nu încap amînări, ezitări, justificări, alegeri.

Dacă, în timp ce merg, văd la un moment dat înaintea mea deschizîndu-se o groapă, vederea este cea care mă informează despre o primejdie posibilă. Dar răspunsul meu e cu totul diferit în acest caz. Eu nu mă aflu deasupra gropii, ci la oarecare distanță de ea. Pot să aleg răspunsul: să merg mai departe și să încerc să ocolesc groapa, să măsor din ochi mărimea ei și să încerc s-o trec printr-o săritură sau să renunț și să mă întorc.

Pot să-mi permit acest răgaz, această amînare a răspunsului, pentru ca, luînd în considerație ansamblul de date, să găsesc răspunsul cel mai folositor, deoarece primejdia nu e iminentă. Văzul a avut posibilitatea să mă înștiințeze din vreme de primejdie; groapa și-a semnalizat, prin mijlocirea văzului, din vreme, prezența. De aceea, în acest caz, corpul meu nu va răspunde în mod automat, mașinal, prin excitarea directă a unor centri motori ai sistemului nervos, ci va răspunde în baza unor *senzații*, deci după o prealabilă trecere a mesajelor nervoase prin centrii scoarței cerebrale unde aceste mesaje sînt preluate, interogate, identificate, confruntate înainte de a se da răspunsul.

Să presupunem, însă, că fiind întuneric, n-am zărit groapa și am ajuns la un moment dat la marginea ei. Încă un pas — și piciorul a alunecat pe marginea gropii. Cît pe aci era să-mi pierd echilibrul și să cad. Aici, nici un răgaz nu mai e posibil. Primejdia e iminentă și trebuie acționat absolut prompt. De aceea, menținerea sau restabilirea echilibrului se realizează în mod reflex, automat, sub comanda unor centri nervoși din bulb, din creierul mic, din creierul mijlociu, pe baza mesajelor primite de la receptorii de poziție ai urechii interne.

Nu se poate, însă, spune că nu avem nici un fel de senzații privitoare la poziția și mișcările corpului nostru, provenite din excitarea receptorilor vesti-

bulari. Aceste senzații apar, însă, în general, sub formă de impresii destul de vagi. Cînd excitarea acestor receptori e mai puternică, apar — cum am spus — și impresii neplăcute de ameteală.

În mod obișnuit, impresiile nemijlocite privitoare la poziția corpului nostru sînt acoperite de impresiile mai clare și mai sigure obținute prin văz.

Dar nu numai corpul întreg are o poziție proprie sau își schimbă poziția. Diferite părți ale corpului și, în primul rînd, membrele cu articulațiile lor pot avea diverse poziții, pot executa diverse mișcări mai simple sau mai complicate.

Noi ne dăm seama despre poziția și mișcările diferitelor părți ale corpului, chiar dacă avem ochii închiși. Închideți ochii și rugați pe cineva să vă așeze una din mîini într-o poziție oarecare, s-o miște, să vă miște degetele și vă veți da seama cît de precise și clare sînt informațiile pe care le aveți despre cele întîmplate. E vorba, e drept, și de excitațiile care pornesc de la pielea din regiunile respective, supusă unor presiuni, întinderi etc., cu prilejul mișcărilor executate. Dar nu e vorba numai de aceste informații.

Se știe că mișcările noastre se realizează cu ajutorul unui joc de contracții și destinderi ale mușchilor fixați pe oase. Cînd mușchiul biceps, de pildă, se contractă, el trage osul radius al antebrațului, de care e fixat, ducînd la îndoirea mîinii din cot.

Mușchiul este o asociație de nenumărate fibre musculare, firișoare lungi de cîțiva cm, în stare fiecare să se scurteze cînd sînt excitate. Carnea fiartă se poate desface, se poate destrăma, lăsîndu-ne să vedem aceste fibre. Fiecare fibră musculară este în contact cu fibra unui nerv motor care-i aduce comenzile de mișcare, de contractare.

O singură fibră nervoasă motoare deservește, prin rămurelele ei terminale, un grup de fibre musculare, iar mușchiul întreg va fi deservit de un pachet de fibre motoare aparținînd unui nerv.

Cînd nervul este excitat, de pildă, printr-un curent electric, mușchiul pe care-l inervează se contractă. Contracția durează cîteva sutimi de secundă și apoi mușchiul se destinde. Pentru ca mușchiul să fie menținut contractat mai multă vreme (cînd, de pildă, ținem o greutate în mînă) este necesar ca el să primească necontenit valuri de excitații — de influxuri nervoase — atît de dese încît să nu dea de loc răgaz mușchiului să se destindă.

Pe măsură ce crește intensitatea curentului electric, care, prin intermediul nervului, excită mușchiul, crește și forța contracției musculare. Cum se realizează această gradație a intensității răspunsului dat de mușchi, în raport cu intensitatea stimulării? Și în acest caz — al răspunsului — al efectului motor, problema se pune ca în cazul recepționării, al sensibilității. Fibra nervoasă motoare funcționează tot după aceeași lege: „totul sau nimic". Și fibra nervoasă motoare răspunde sau numai printr-un potențial local, ce nu se propagă și deci n-are efect asupra mușchiului sau prin potențialul de vîrf, potențial maxim care excită fibra musculară.

Se înțelege că fibra musculară va răspunde în același mod: sau nu răspunde de loc (cînd excitarea este prea slabă), sau răspunde cu intensitate maximă, dacă excitarea a atins un anumit nivel. Așadar, excitarea unei fibre nervoase motorii, care deservește un grup de fibre musculare, sau nu provoacă nici un răspuns din partea fibrelor musculare respective sau provoacă un răspuns care are întotdeauna intensitatea maximă.

Noi știm, însă, că ne putem încorda mușchii, într-o măsură mai mică sau mai mare, după efectul pe care vrem să-l obținem (cînd avem, de pildă, de ridicat o greutate). Tot așa, în cazul excitării electrice: intensitatea cu care se contractă un mușchi variază în raport cu intensitatea curentului electric aplicat.

Așadar, sînt posibile gradații ale răspunsului dat de mușchiul întreg, cu toate că elementele care-l compun, fibrele musculare, nu respectă astfel de gradații.

Şi aici natura foloseşte aceleaşi procedee ca în cazul sensibilităţii. În primul rînd, e vorba de procedeul recrutării, de care fără îndoială că cititorul îşi aminteşte.

Puterea cu care reacţionează muşchiul depinde de numărul de fibre musculare din ţesătura sa care iau parte la reacţia respectivă. Reacţia este cu atît mai puternică, cu cît iau parte la ea mai multe fibre din ţesătura muşchiului.

Pe măsură ce creşte intensitatea excitării nervului, tot mai multe fibre nervoase sînt recrutate la transportul influxurilor nervoase şi, deci, tot mai multe fibre musculare din ţesătura muşchiului respectiv iau parte la operaţie, mărind puterea cu care muşchiul răspunde.

De aci rezultă că puterea cu care muşchiul se contractă nu creşte continuu, ci discontinuu, în trepte.

Nu se poate obţine o variaţie a răspunsului la fiecare creştere a intensităţii excitantului, ci numai atunci cînd o nouă fibră nervoasă e angajată în operaţie. Cu cît este deservit un muşchi de mai multe fibre nervoase, cu atît deci se va putea obţine o gradaţie mai fină a răspunsurilor în raport cu intensitatea excitantului.

Să presupunem că într-o încăpere avem 10 becuri a 100 de waţi şi în alta 40 de becuri a 25 de waţi. În ambele încăperi lumina poate varia de la 0 la 1000. Însă în prima încăpere nu poţi obţine decît 10 grade de iluminare diferită, în timp ce în a doua încăpere poţi obţine 40 de grade de iluminare diferită. Intensificarea luminii de la 0 la maximum se poate obţine deci în a doua încăpere, prin variaţii mai uşoare.

Cam aşa se explică lucrurile şi în ceea ce priveşte gradarea intensităţii răspunsurilor unui muşchi în raport cu intensitatea excitantului.

Aşa, de exemplu, unul din muşchii broaştei e deservit de 8 fibre nervoase motorii. Excitîndu-se nervul respectiv cu un curent electric, se constată că se pot

obține tocmai 8 grade de intensitate a răspunsurilor. Nervul motor extern al ochiului omului are 2500 de fibre (pentru un mușchi, în fond, destul de redus ca dimensiune). Se înțelege cît de fine, cît de nuanțate sînt variațiile de contracții ale acestui mușchi.

Finețea răspunsurilor mușchiului poate fi mărită și în modul următor. Spuneam că o singură fibră nervoasă deservește un grup de fibre musculare, prin ramurelele ei terminale. Fibra nervoasă împreună cu fibrele musculare formează o unitate motorie sau un ciorchine neuromionic. Ei bine, recrutarea poate avea loc chiar în cadrul unei astfel de echipe, în cadrul unui astfel de ciorchine, de astă dată în raport cu frecvența influxurilor nervoase sosite. Deci, chiar dacă o fibră nervoasă este excitată, nu înseamnă că ea își dă dintr-o dată întreaga contribuție. Această fibră poate pune în mișcare 2, 3, 10, 50 dintre fibrele musculare pe care le deservește prin ramurelele ei. Cu cît excitantul este mai puternic, cu atît e mai mare frecvența descărcărilor (a influxurilor) în fibra nervoasă și cu atît sînt recrutate mai multe fibre musculare în cadrul aceleiași echipe, în cadrul aceleiași unități motorii. În felul acesta, finețea dozării răspunsurilor unui mușchi depinde nu numai de numărul de fibre nervoase care-l inervează, ci și de numărul de fibre musculare inervate de fiecare fibră și care ar putea răspunde separat.

Mușchii, executînd comenzile creierului, dau omului posibilitatea să execute cele mai complexe și mai variate mișcări necesare activității sale.

Dar mușchii nu sînt simpli executori de comenzi. Imaginați-vă o întreprindere cu o organizare ierarhică obișnuită: organe de conducere și diferite sectoare de activitate în care se desfășoară producția directă. Planificarea generală este stabilită de conducerea întreprinderii: ce sortimente se vor executa, ce cantități etc. Se înțelege, însă, că misiunea conducerii nu se rezumă la aceasta. Conducătorii vor continua să supravegheze și să îndrume activitatea în diverse

sectoare. Dacă e vorba de o mare întreprindere cuprinzînd multe unități, directorul și diverși specialiști din conducere, nu vor putea fi în fiecare clipă peste tot, sfătuind pe fiecare lucrător în parte: pune cărămida așa, taie bucata de piele așa etc. Totuși, conducerea trebuie să fie în permanență informată de ce se petrece pe teren, pentru a putea hotărî cu promptitudine măsurile ce trebuiesc luate. Pentru aceasta există inspectori, controlori etc. Dar există și procedeul rapoartelor direct sosite de pe teren, procedeu folositor pînă la un anumit punct. Lucrătorul raportează șefului de echipă sau șefului de ateliere, acesta raportează șefului de sector și așa mai departe, pînă la cele mai înalte forme de conducere.

Se înțelege că, cu cît vor fi aceste rapoarte mai conștincios, mai exact, mai prompt întocmite, cu atît vor putea fi și măsurile luate de conducere mai rodnice.

Înotătorul a ridicat mîna ca să lovească apa. Mîna este coborîtă cu putere și, în aceeași clipă, mîna cealaltă este ridicată și ea, apoi coborîtă. La început ochiul, delegat al creierului, supraveghează această mișcare și îndrumează mîna în mișcarea ei. Dar atîta nu e destul. Mușchii care iau parte la efectuarea mișcării raportează ei înșiși creierului, clipă de clipă, gradul contracției lor și creierul urmărește și controlează mișcarea în cursul efectuării ei și prin intermediul acestor rapoarte directe.

Mușchiul nu este numai organ de execuție. Mușchiul este în același timp și în aceeași măsură un organ de simț, organul care recepționează și transmite creierului informații despre propriile sale modificări. Acestea sînt mesajele musculare sau kinestezice.

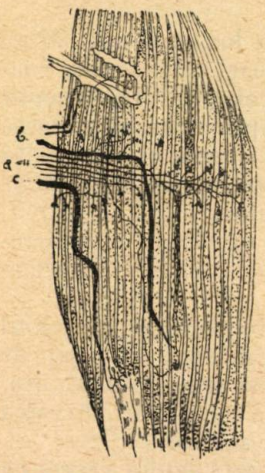
Iar regiunea din creier, considerată multă vreme ca o regiune exclusiv motorie — adică punct de pornire pentru ordinele de mișcare distribuite mușchilor — s-a dovedit a fi, prin cercetările școlii lui Pavlov (Krasnogorski, 1912), în același timp și, în primul rînd, o regiune receptoare (ca și cea a tactului, văzului,

auzului etc.), care primește mesajele trimise de mușchi despre modificările suferite de ei.

În felul acesta, între mușchi și scoarța cerebrală are loc un circuit permanent de ordine de mișcare și mesaje informative, scoarța comandînd în fiecare clipă direcția și intensitatea mișcării pe baza mesajelor pe care, necontenit, le primește de la mușchi despre ceea ce este în curs de realizare.

Aceasta înseamnă că fibrele din care se compune un mușchi nu primesc numai fibre nervoase motorii, care comandă contracțiile lor. Ele sînt în contact și cu fibre nervoase senzitive, prin care transmit creierului starea lor de contracție sau de destindere.

Fiecare a avut prilejul să vadă cum arată un mușchi. Mijlocul e, de obicei, mai gros și de culoare roșie, iar capetele, prin care mușchiul se prinde de oase, au o culoare albă sidefie și sînt mai înguste. Aceste capete se numesc tendoane. Oamenii de știință au arătat că mușchiul își transmite creierului rapoartele, folosind cîteva tipuri de receptori în legătură fie cu partea de mijloc a mușchiului, fie cu tendoanele.



42. Reprezentare aschematică a inervației senzoriale și motorii a mușchiului: a — fibre motorii terminate pe fibre musculare; b — fibră senzorială terminată într-un fus neuro-muscular; c — fibră senzorială deservind un organ tendinos al lui Golgi.

Uneori, în interiorul mușchiului, un grup de fibre musculare se leagă snop între ele, iar fibra nervoasă pătrunde în interiorul snopului. Strecurată aici, fibra nervoasă poate folosi două procedee pentru a-și culege informațiile: unele terminații încercuiesc în spirală cîte o fibră musculară, cum se încolăcește șarpele în jurul unei crengi. Tot în interiorul snopului, alte fibre se termină prin niște

rămurele fine, aplicate fiecare pe cîte o fibră musculară. Tot acest aparat, destul de complicat, format dintr-un snop de fibre musculare, înlănțuite cu terminațiile fibrelor nervoase senzitive, formează un fus neuro-muscular. Se pare că acest aparat transmite creierului mesaje în legătură cu destinderea mușchiului — el fiind excitat cînd mușchiul e în stare de extensie.

În apropiere de capătul mușchiului — acolo unde începe tendonul — ajung de asemenea terminații ale altor fibre senzitive și, ramificîndu-se, se aplică pe fibrele musculare. Un astfel de pachet, în care fibrele nervoase vin în contact cu fibrele musculare în regiunea tendonului, servește (probabil) pentru a culege informații în special despre contracția mușchiului. Aparatul se numește organul tendinos al lui Golgi.

Cercetările au scos la iveală și existența altor tipuri de receptori. Unii sînt excitați de presiunile care se dezvoltă în mușchi, alții servesc pentru a da alarma sub forma senzațiilor dureroase cînd excitația devine prea puternică.

Cu ajutorul acestui vast și delicat sistem de receptori, situați chiar în țesătura mușchilor, scoarța cerebrală poate fi ținută la curent cu efectele pe care le-au avut „pe teren" propriile ei ordine.

Cînd învățăm să executăm o activitate oarecare în cadrul profesiunii, în sport etc., sîntem nevoiți să urmărim, la început, cu atenție diferite mișcări pe care le executăm, privind tot timpul la ceea ce facem.

Prin exercițiu, însă, putem ajunge să nu mai fie nevoie să urmărim îndeaproape, cu privirea, executarea mișcărilor. În timp ce scriem, mișcările pe care le facem cu mîna, pentru trasarea literelor, nu cer o supraveghere de detaliu din partea privirii. Privirea urmărește numai în mare cuvintele scrise, dacă cuvintele se așternîn linie dreaptă etc., însă detaliile fiecărei litere se execută oarecum de la sine, linioarele, cerculețele, ovalele, decurgînd parcă auto-

mat unele din altele. În această succesiune de mișcări pe care mîna le execută în timp ce scrie (e vorba de omul exersat să scrie), fiecare mișcare ajunge s-o declanșeze automat pe cea următoare, fără să mai fie nevoie de intervenția din afară a unor stimulări, a unor indicații. Este vorba tocmai de un ansamblu de mișcări ajunse la un grad oarecare de automatizare, deci de o deprindere. Ei bine, faptul că într-o deprindere fiecare mișcare înfăptuită devine semnalul care o declanșează pe cea următoare (cum se numără soldații în front), se datorește tocmai acestui fapt excepțional de interesant: mușchiul nu este numai organ de execuție, ci și organ de simț, organul de simț al propriilor sale contracții. Pe baza rapoartelor primite necontenit de la mușchii în acțiune, sub forma excitațiilor kinestezice, scoarța cerebrală poate comanda cu finețe, cu precizie, cu promptitudine mișcările diferitelor părți ale corpului.

Aceste rapoarte n-au, însă, întotdeauna caracterul unor *senzații*, adică nu devin întotdeauna momente de oglindire subiectivă distinctă.

Mesajele trimise de mușchii membrelor, ai trunchiului, ai cefii (poziția capului în raport cu corpul) pot fi interceptate direct de măduvă sau de centri ai encefalului, în special de creierul mic, pentru ca, împreună cu mesajele sosite de la receptorii urechii interne, să folosească la declanșarea automată a mișcărilor cerute de menținerea sau redresarea poziției corpului.

Nici acele mesaje primite de scoarța cerebrală de la mușchi, care au o mare importanță în conducerea mișcărilor noastre învățate: în scriere, în vorbire, în mișcările cerute de profesiunea noastră, sau de sportul pe care-l practicăm, nu capătă întotdeauna caracterul unor oglindiri subiective distincte. Cu alte cuvinte, noi nu simțim clar, distinct, clipă de clipă, gradele de încordare ale tuturor mușchilor care iau parte la activitatea noastră. Mesajul primit de creier de la un mușchi, despre starea lui, poate fi întrebuințat

direct pentru a comanda o modificare a stării mușchiului cerută de o mișcare oarecare, fără ca noi să ne dăm seama, fără ca să simțim clar care a fost starea mușchiului în momentul respectiv (gradul de contractare sau destindere).

Adeseori, noi ne putem forma o imagine globală despre mișcarea unei părți a corpului pe care n-o vedem, imagine constituită pe baza mesajelor sosite de la mușchi, fără însă ca noi să ne dăm seama distinct de toate aceste mesaje. Atunci cînd ținem ochii închiși și cineva ne aduce mîna într-o poziție oarecare, noi știm fără să vedem, în ce poziție a fost adusă mîna. Dar noi nu putem descrie cele ce se petrec cu mușchiul biceps, mușchiul triceps etc., la ce contracții și ce extensii au fost supuși. Noi ne imaginăm doar rezultatul vizibil, global, poziția mîinii în ansamblul ei. Deși mesajele sosite de la diferiți mușchi — mai ales de la mușchii feței, ochilor, membrelor — sînt preluate de scoarța cerebrală cu o mare precizie și finețe și sînt folosite cu tot atîta precizie în conducerea mișcărilor, transformarea acestor mesaje în oglindiri subiective, în senzații are un caracter mult mai global. Senzațiile, impresiile subiective despre mușchii noștri, senzațiile kinestezice sînt mult mai puțin nuanțate, detailate, localizate, decît ar permite precizia mesajelor sosite la creier.

Cu tot acest caracter global, aceste senzații ne servesc, însă, și în aprecierea unor fenomene obiective și, în primul rînd, în compararea greutăților. Cu un oarecare exercițiu, pot distinge, în ceea ce privește greutatea lor, două obiecte între care diferența e destul de mică. O diferență de 3—4% poate fi suficientă. Cu alte cuvinte, încordîndu-mi atenția și cu un oarecare exercițiu, pot distinge o greutate de un kilogram de o alta de un kilogram și treizeci de grame. Lucrătorul care trebuie să strîngă un șurub, un ghivent, nu strînge pînă la limita permisă de forța sa: obiectul se poate strica. Lucrătorul „simte în mînă" pînă la ce grad de rezistență are dreptul să înainteze, fără

să rupă șurubul sau ghiventul. Această simțire a rezistenței provine tot din informațiile trimise de mușchi — mușchii care iau parte la operația respectivă.

O excepțională finețe a sensibilității musculare se cere unei serii întregi de muzicieni instrumentiști. Cercetările dovedesc că pianul, de pildă, dezvoltă o mare sensibilitate în aprecierea diferențelor de rezistență cu ajutorul degetelor. Finețea cu care pianistul sau violonistul izbutesc să-și dozeze intensitatea loviturilor și apăsărilor, pe clape sau pe coarde, este legată direct de finețea cu care înregistrează intensitatea propriilor lor mișcări.

Dar importanța mesajelor trimise de mușchi nu se limitează la cele arătate pînă aci: în coordonarea mișcărilor, în dozarea eforturilor, în măsurarea greutăților și rezistențelor.

Aceste mesaje joacă, după cum vom vedea mai încolo, un rol excepțional de important în cunoașterea lumii externe. Ele iau parte împreună cu mesajele vizuale și cele tactile la reconstituirea unor imagini de ansamblu cît mai fidele ale obiectelor din lumea înconjurătoare.

Și după cum arată I.P. Pavlov, excitațiile kinestezice joacă un rol fundamental în însăși constituirea gîndirii noastre. Cel de-al doilea sistem de semnalizare, semnalizarea interumană, se realizează prin limbaj. Cuvintele limbii, produs al unei îndelungate și extrem de bogate experiențe sociale, pot înlocui, pot semnaliza în relațiile dintre oameni diversele obiecte, împrejurări, acțiuni etc.

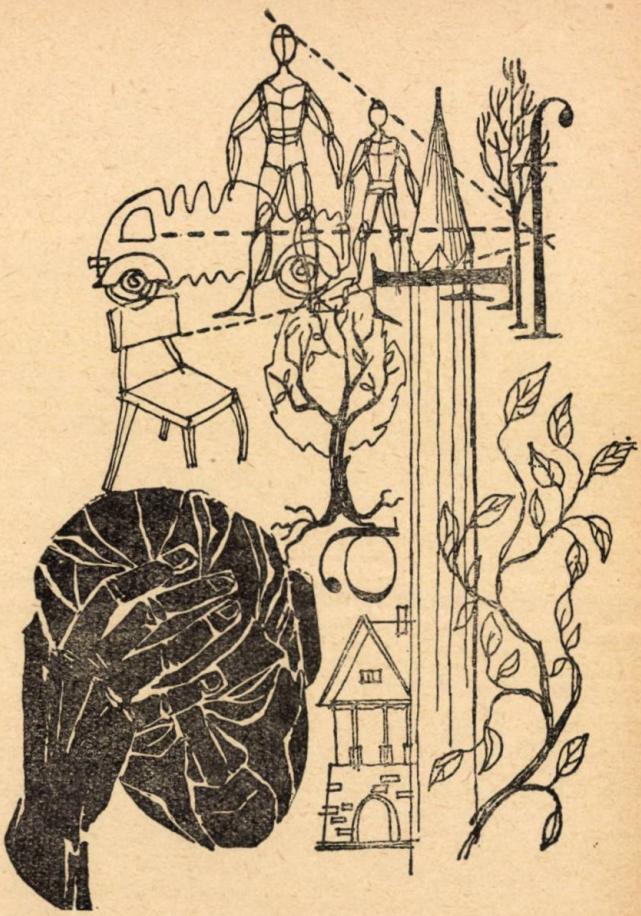
Cuvîntul, însă, nu este numai sens, numai idee. El are nevoie pentru a putea exista, pentru a putea circula, de un suport material, de o realitate materială capabilă să pună în mișcare simțurile și creierul. Acest suport material este sunetul — sunetul pronunțat de cel care vorbește, care emite ideea și auzit de cel care recepționează, care înregistrează ideea.

Cuvîntul pronunțat efectiv sau numai schițat, gîndit, folosește în ambele cazuri (în ipoteza lui Pavlov)

același suport material: circuitul de excitații kinestezice, musculare, stabilit între creier și organele vorbirii.

Deci, chiar cînd gîndurile noastre nu „capătă glas", ci se desfășoară, sub forma vorbirii cu noi înșine, sub forma limbajului interior, fenomenul fiziologic material, din care aceste gînduri sînt țesute, este constituit în primul rînd de activitatea regiunii din creier care comandă organele vorbirii, adică de circuitul de excitații kinestezice.

Iată, deci, ce variate și importante sînt domeniile muncii și cunoașterii noastre la care iau parte, jucînd un rol esențial, mesajele musculare, aceste modeste slujitoare pe care, în mod obișnuit, nici nu le băgăm în seamă.



Cucerirea celei de a treia dimensiuni

Milioane şi milioane de solii nervoase sosesc în fiecare clipă la scoarţa creierului, aducînd veştile transmise de la organele de simţ despre lumea înconjurătoare.

Fiecare punct de pe pielea corpului, care a fost atins, face să apară un punct de excitaţie într-o celulă a creierului, dîndu-ne senzaţia de atingere.

Fiecare punct al retinei, pe care a căzut o rază de lumină, începe să trimită valuri de excitaţii către un anumit punct din creier, cu care este în legătură, şi apare senzaţia de lumină.

Cînd anumite pachetele de fibre ale membranei bazilare încep să vibreze, anumite celule din organul lui Corti vor intra în activitate şi anumite celule ale scoarţei, cu care sînt în legătură, primind valurile de excitaţii, ne vor da o senzaţie auditivă. Şi tot aşa cu mirosurile, gusturile, tot aşa cu informaţiile despre poziţia părţilor corpului sau a corpului întreg, despre starea organelor interne.

Dar aceste veşti nu sosesc la creier numai cîte una, două odată, cînd de la un organ receptor, cînd de la altul. În fiecare clipă, în acelaşi timp, milioane şi milioane de veşti pornesc pe căi distincte de la aproape fiecare organ de simţ şi sînt primite, în acelaşi timp, fiecare în parte, de celule distincte ale creierului, situate în diferite regiuni ale sale.

Şi atunci lumea simţurilor noastre se compune dintr-o nemaipomenită îngrămădire de milioane de atingeri, înţepături, gîdilituri, scînteieri, ţiuituri?

Nu, firește că nu.

În mînă simt ciocanul cu care izbesc, creionul cu care scriu, mingea pe care mă pregătesc s-o arunc.

În fața ochilor mei se deschide minunata priveliște a unei dimineți de vară, numai verde și aur. O simplă îngrămădire de scînteieri? Da' de unde! Case mai înalte sau mai joase, ascunzîndu-se unele pe altele, pînă departe în fundul zării, frunzișul mișcător al copacilor care mărginesc trotuarul, lumea care trece prin fața ferestrei.

Și aici lîngă mine, foarte aproape, ochelarii puși pe birou, cărțile, scrumiera. Eu însumi șezînd pe scaun.

Toate acestea le văd, le simt, au fiecare un înțeles, o unitate, o formă proprie.

Iar toate pot să-mi apară astfel, nu ca simple furnicături sau scînteieri, ci unite, orînduite sub formă de obiecte, lucruri — case, copaci, oameni — numai dacă în scoarța creierului meu, pe lîngă această vastă activitate de recepționare a veștilor sosite independent, se va desfășura și alta, nu mai puțin complicată, de strîngere a acestor informații de amănunt în ansambluri, în unități, astfel încît să obțin imagini de obiecte, de lucruri.

Cum se realizează această operație de asamblare? E vorba de o simplă juxtapunere, de o simplă alăturare în creier, punct cu punct, a mesajelor transmise de organele de simț?

Privește dulapul din fața dumitale. Presupun că are o formă paralelipipedică, e de culoare neagră, are trei uși, dintre care una cu geam. Prin geam se văd cărți așezate în picioare, cu cotoarele de diferite culori, pe care sînt scrise denumiri, titluri, autori.

Dulapul acesta îl vezi pentru prima oară?

Nu. Îl ai de ani de zile în casă și de sute de ori ochii ți s-au oprit asupra lui. Adeseori ai umblat la el. Ai deschis o ușă sau alta, ai scos sau ai introdus obiecte, cărți, manuscrise etc. În unele ocazii dulapul a fost mutat din loc, așezat în diferite poziții, poate că ai participat chiar personal la aceste operații.

N-a rămas nimic, nici o urmă din toată această activitate a dumitale în legătură cu obiectul respectiv? De fiecare dată ori de cîte ori l-ai privit, dulapul ţi s-a prezentat ca un obiect cu totul şi cu totul nou? Nu, evident că nu. Cînd îl priveşti ai un sentiment de obiect familiar, de obiect *cunoscut*. Dacă acelaşi dulap ar fi mutat, în lipsa dumitale, undeva în altă încăpere, în altă clădire, într-un alt decor, dulapul ţi-ar părea, totuşi, cînd l-ai vedea, ca ceva familiar, ai simţi că *recunoşti* obiectul, că ştii de unde vine, ce este cu el.

Aceasta înseamnă că, întîlnind un obiect oarecare, ceva se păstrează, ceva cu care vom veni în întîmpinarea obiectului la o nouă întîlnire.

Dacă închid ochii, sau dacă mă aflu în altă încăpere, e posibil să reînviu imaginea dulapului absent. Cu un efort oarecare îmi pot închipui forma, culoarea, diferitele părţi, uşa cu geam. În somn, imaginea aceasta e deosebit de vie şi se dă drept fapt real. În toate aceste cazuri nu mai e vorba de un obiect perceput prin acţiunea lui nemijlocită asupra simţurilor, ci de un obiect imaginat, reprezentat — de o reprezentare.

Faptul că pot să-mi reprezint un obiect absent — nu numai vizual, ci şi tactil, auditiv, olfactiv, gustativ — dovedeşte, în primul rînd, că laboratorul de elaborare a imaginilor este constituit de staţiunea finală a analizatorilor — de scoarţa emisferelor cerebrale. Aceste imagini sînt elaborate de scoarţa cerebrală fie pe baza mesajelor nervoase primite în clipa respectivă de la receptorii organelor de simţ (sub acţiunea diferitelor obiecte dinafară) — şi atunci avem percepţie — fie pe baza unor tipare, a unor urme pe care scoarţa cerebrală le-a păstrat din timpul activităţii ei anterioare, şi atunci avem reprezentare. Sub ce formă se păstrează aceste tipare nu ştim clar. În celulele din scoarţa cerebrală — celule vizuale, tactile, auditive etc. — excitate la un moment dat de un ansamblu de mesaje sosite, sub acţiunea unui obiect oarecare, de la organele de simţ, au loc o serie de procese bio-

chimice, bioelectrice etc., care schimbă starea celulei şi o fac mai aptă pentru repetarea acelorași procese. Pe de altă parte, între celulele acestea, excitate în același timp, se stabilesc legături, căi, formînd o rețea nemaipomenit de complicată.

Aceste ansambluri de celule şi căi nervoase care, sub influența mesajelor sosite de la receptori, au activat odată sau de mai multe ori împreună, vor tinde să reproducă, tot împreună, procesele prin care au trecut la un moment dat.

Pentru aceasta nu mai e nevoie ca toate punctele acestui ansamblu să fie puse în mişcare de mesajele receptorilor. Orice fapt în legătură cu imaginea respectivă (numele obiectului, o însuşire separată etc.) poate reînvia întregul ansamblu de procese pe baza acestei scheme preformate.

Acest fenomen a fost numit asociație. Cînd intru într-o cameră şi simt parfumul de violete, imaginea delicatelor flori mi-apare chiar fără să le văd. Cînd, în camera vecină, vorbeşte o persoană cunoscută, timbrul glasului e suficient pentru a-mi reînvia imaginea acestei persoane. Încercînd în întuneric să recunosc obiectele cu ajutorul pipăitului, eu am, fără să le văd, şi imaginea lor vizuală de formă şi culoare, care întregeşte impresiile tactile.

Mai mult: chiar dacă organul de simț este distrus, scoarța emisferelor cerebrale va continua să fabrice imagini numai pe baza acestor scheme înscrise în complicata sa țesătură, de către mesajele primite în trecut de la organele de simț.

Orbii, care şi-au pierdut vederea din cauza unor distrugeri suferite la ochi şi care, deci, nu mai pot recepționa mesajele luminii, continuă, totuşi, să-şi imagineze lucrurile din lumea înconjurătoare. Sărmanii oameni visează, cu o mare putere de evocare, ceea ce direct nu vor mai percepe niciodată: lumina, culorile şi formele.

Oamenii care şi-au pierdut auzul din cauza lezării receptorului auditiv (urechea), nu pierd prin aceasta

facultatea de a-şi imagina sunetele. Este cunoscut de toată lumea cazul marelui Beethoven care, surzind în urma unei boli a organului auditiv, şi-a învins infirmitatea continuînd să creeze opere muzicale de o valoare eternă.

Şi cît e de impresionant cazul acelor nefericiţi cărora li s-a amputat un membru — o mînă, un picior — şi care continuă să simtă ca existînd partea din corp tăiată. René Descartes, marele gînditor francez, expunînd concepţiile sale asupra relaţiilor dintre creier şi organele de simţ, relatează următorul caz. O fată tînără fusese atinsă de gangrenă la un braţ. Pentru ca privirea să-i fie ferită de îngrozitoarea privelişte a braţului bolnav, i se bandajau ochii. Amputarea braţului s-a dovedit la un moment dat necesară. Dar pentru ca biata fată să nu-şi dea seama de nenorocirea ce-o lovise, i se bandajase partea de braţ rămas cu un bandaj enorm, astfel încît să pară că mîna continuă să existe. Şi fata, într-adevăr, nu şi-a dat seama de amputare. „Şi ceea ce este remarcabil, relatează mai departe Descartes, fata continua să simtă dureri în mîna pe care n-o mai avea şi să se plîngă de aceste dureri simţite cînd într-un deget, cînd în altul".

Doi cercetători contemporani (Lhermitte şi Susic) arată că pacienţi ai lor, care suferiseră de asemenea amputări, puteau chiar să-şi „mişte", după voie, „membrul fantomă", membrul mutilat şi chiar să execute cu el diferite acţiuni deosebit de delicate şi precise. Impresiile suferite de infirmi sînt aşa de puternice încît, atunci cînd li se cere să strîngă un obiect în mîna fantomă, ei se opresc la un moment dat, declarînd „că-i doare prea tare şi nu mai pot strînge". În realitate nici obiectul strîns, nici mîna care strînge nu există. Totul se reduce la reprezentări elaborate de scoarţa cerebrală.

Unii medici au afirmat că în acest caz e vorba de mesaje sosite la scoarţa creierului, provenite de la partea de mînă rămasă, din regiunea tăieturii. Explicaţia nu se poate susţine, întrucît infirmii deosebesc

senzaţiile provenite de la partea de braţ rămasă, de cele pe care le socotesc provenite de la partea care în realitate nu mai există.

Aşadar, este clar că scoarţa cerebrală reprezintă laboratorul final, în care mesajele nervoase sosite de la receptori, sub acţiunea diferitelor obiecte şi fenomene, servesc elaborării imaginilor respectivelor obiecte. După ce acţiunea obiectului asupra receptorilor — pe calea luminii, a presiunilor, a influenţelor chimice, a vibraţiilor — a încetat, scoarţa cerebrală păstrează, în ţesătura complexă a celulelor ei, tiparul acţiunii pe care aceste mesaje au declanşat-o, tipar pe baza căruia scoarţa poate reînvia, prin mijloace proprii, imaginea obiectului perceput altădată.

Cînd obiectul este din nou întîlnit, mesajele pe care receptorii le vor trimite la creier, sub acţiunea sa, nu vor cădea pe un teren neumblat. Milioanele de mesaje, sosite împreună sau succesiv şi informînd despre însuşirile unui anumit obiect, se vor aranja în scoarţa cerebrală, după un model existent, făurit prin întîlnirile precedente ale omului cu acelaşi obiect.

Efectul va fi, în primul rînd, că noi vom recunoaşte obiectul, că vom avea sentimentul de cunoscut, de familiar, rezultînd tocmai din această concordanţă între un răspuns actual al sistemului nervos şi modelul preexistent, gata format, care călăuzeşte înregistrarea actuală.

Dar, afară de sentimentul acesta de recunoaştere, felul însuşi în care percepem obiectul depinde de experienţa noastră anterioară în raport cu el. Fără să ne dăm pe deplin seama, noi venim în întîmpinarea obiectului cu ceea ce ştim din trecut despre el, cu reprezentări formate altă dată, poate în condiţii mai favorabile de percepere a obiectului. Ascultînd pe cineva care vorbeşte în şoaptă, nici nu ne dăm seama cît de mult contribuie înţelegerea sensului celor auzite, familiaritatea cuvintelor de mii de ori folosite, în completarea acestei percepţii sărace. Dacă s-ar vorbi tot aşa de încet într-o limbă străină, ne-am da seama că, în

43. Ce reprezintă aceste pete?

realitate, o mare parte din sunete scapă complet auzului nostru.

Cînd ascultăm o melodie cunoscută, noi întîmpinăm fiecare sunet din șiragul de sunete al melodiei cu sunetul corespunzător așa cum se naște în noi clipă de clipă. Fiecare sunet al melodiei servind unui ritm și unei anumite forme sonore, este așteptat, separat, anticipat și mulat într-un ritm și într-o formă care se desfășoară simultan în noi. Cea mai mică neconcordanță este resimțită neplăcut, este supărătoare, tocmai pentru că ne contrazice așteptările.

Priviți desenul de pe această pagină. Greu de spus ce reprezintă. Cîteva pete bizare alăturate de o fantezie capricioasă. Nimic altceva. Petele nu ne spun nimic. Dar ia să facem legătura — să dăm legătura, cum se spune la radio — cu experiența noastră anterioară și s-o lăsăm să vorbească ea. Această legătură ne-o face aici cuvîntul, denumirea. Cele cîteva pete închipuie

de fapt un iepuraș. A! Da, așa da! Petele nu mai sînt izolate, alăturate doar în mod arbitrar. Ele formează un tot, o formă unică, un lucru unic — un iepuraș.

Ce importanță are faptul că multe amănunte lipsesc — nici ochi, nici gură, nici picioare etc. — iar corpul este întretăiat de spații goale. Aceste fapte par secundare, sînt aruncate pe planul al doilea. Pe primul plan iese unitatea, iese lucrul unic așa cum îl cunoaștem bine, iese iepurașul din nenumăratele noastre amintiri. Este clar că aici unificarea, înțelesul unitar au fost realizate de scoarța cerebrală pe baza experienței anterioare, pe baza cunoștințelor anterioare, pe baza reprezentărilor anterior formate.

Meritul acestui experiment (exemplul acesta este dat de cunoscutul psiholog sovietic Leontiev) este acela de a fi rupt pentru o clipă în mod artificial legătura între actual și trecut, între percepție și reprezentare pentru a dovedi și mai bine imensa importanță pe care o are experiența trecută în perceperea obiectelor din lumea înconjurătoare.

În condiții obișnuite, acest ajutor funcționează permanent, dar e așa de strînsă îngemănarea între reprezentare și mesajele furnizate în momentul respectiv de simțuri, încît ne vine foarte greu să desfacem percepția și să ne dăm seama ce ține de experiența trecută și ce ține de informațiile prezente.

Toate acestea ne arată că scoarța cerebrală nu este o simplă stațiune finală de recepționare a unor mesaje sosite de la receptori, o stațiune care înregistrează pasiv diversele știri primite. Scoarța cerebrală este un imens laborator de o nemaipomenită complexitate, care reconstituie imagini, organizînd în unități cu înțeles știri sosite în același timp de la diferite organe de simț, împreună cu tot ceea ce, din experiența trecută, poate servi unificării, întregirii, îmbogățirii, precizării imaginii.

Iată-l pe bolnavul atins de o agnozie (incapacitate de recunoaștere), de pildă, în domeniul văzului. Nu vede el cutia de chibrituri, ochelarii sau călimara

144. Iepurașul.

pe care medicul i le așază în față? Ba vede, în sensul strict al cuvîntului. El poate duce mîna spre locul unde se află obiectele, le poate apuca, făcînd mișcările necesare, poate urmări cu degetul conturul unei pete de culoare, o linie frîntă, curbă, sinuoasă. Dar ce sînt aceste obiecte, nu știe. Îi apar, probabil, așa cum ne-a apărut nouă în prima clipă iepurașul din desen: o îngrămădire de pete divers colorate, neunite într-o formă unică, din care să țîșnească un sens, un înțeles de întreg.

Pus să citească, el nu izbutește: cuvintele scrise nu sînt decît jocuri de bastonașe, cerculețe și ovale. Urmărind însă, cu degetul, liniile care compun literele, scriind deci literele, el izbutește să citească. Vederea e bună, întrucît îi conduce mîna de-a lungul trăsăturilor care formează literele. Ea nu-i mai ajută, însă, în această operație de sintetizare, de reunire a fragmentelor, a părților într-un tot cu sens, potrivit cunoștin-

ţelor dobîndite anterior. Experienţa anterioară, cunoştinţele anterioare nu sînt cu totul desfiinţate. Dar o leziune, care a făcut distrugeri într-o anumită regiune a scoarţei cerebrale, nu mai permite întrebuinţarea trecutului în recunoaşterea prezentului. În privinţa mişcărilor şi a tactului, însă, n-a avut loc nici o perturbare. Mişcările făcute de bolnav cu mîna, mişcări de urmărire a traseelor literelor, permit scoarţei cerebrale să reconstituie, sub îndrumarea cunoştinţelor anterioare, imaginea integrală, întregul cu sens, adică litera, cuvîntul, dar nu o imagine vizuală, ci o imagine kinestezică, o imagine făurită din mesaje musculare. Pe aceasta o recunoaşte bolnavul — mai greu, fireşte — pe aceasta o serveşte trecutul.

Ceea ce a dispărut în esenţă în urma leziunii, aşa cum cititorul poate că a şi înţeles, amintindu-şi unele fapte aflate dintr-un capitol anterior, sînt reflexele condiţionate la excitanţi complecşi (ca şi capacitatea de a forma noi reflexe la excitanţi complecşi în acest analizator). Întregul nu mai are valoare de semnal unic. El s-a descompus, s-a destrămat în bucăţele, în fragmente care şi-au reluat independenţa şi propria valoare semnalizatoare. Un bastonaş, o linioară, un unghi sînt *recunoscute*, declanşează răspunsul corespunzător (denumirea fiecăruia), dar la un loc nu dau nimic, nu spun nimic.

Nu numai în domeniul analizatorului vizual, ci în raport cu oricare din analizatori pot apare agnozii în urma unor leziuni. Iată cazul bolnavei Modeste, descris de profesorul francez Jean Delay, bolnavă care suferea de agnozie tactilă.

Modeste este o fată de 23 de ani care, în urma unui accident (un glonte de revolver i-a pătruns în regiunea parietală dreaptă), nu mai recunoaşte, ţinînd ochii închişi, obiectele uzuale, cu ajutorul pipăitului. Această pierdere se referă, însă, numai la mîna stîngă.

Senzaţiile acestei mîini sînt păstrate: tactile, termice, dureroase, kinestezice, vibratorii. Toate aceste mesaje sosite de la receptorii mîinii sînt recepţionate

şi înregistrate de scoarţa cerebrală a bolnavei, care, deci, simte atingerile, temperatura, înţepăturile, apăsările, vibraţiile.

Mai mult: ea distinge diferenţe foarte fine de intensitate, diferenţe foarte fine de formă. Dar toate aceste impresii la un loc nu-i spun nimic, nu se constituie într-o unitate, creierul nu poate reconstitui pe baza lor imaginea integrală a unui obiect cunoscut. Cînd i se dă în mînă (mîna stîngă) un creion, ea relatează: „E tare, neted, lung, cilindric, e plat la un capăt, la celălalt capăt are un vîrf".

Dumneata, cititorule, rămîi fără îndoială contrariat: — Şi cum, cînd simte toate acestea, nu ştie, nu-şi dă seama că e un creion? Dar ce se poate afla mai mult decît a reţinut persoana respectivă, pipăind creionul?

Şi totuşi, pentru biata Modeste, *creionul* — imagine integrală — nu apare. Experienţa trecută s-a prăbuşit şi ea nu mai poate servi sintezei, reconstituirii înţelesului unitar al obiectului din aceste fragmente de impresii.

Pusă să pipăie o linguriţă, relatează: „E rece şi tare, trebuie să fie de metal, e îngust la mijloc, are o extremitate turtită, cealaltă e mai mare, ovală, cu scobitură".

Remarcaţi cu cîtă precizie toate aceste detalii sînt înregistrate, chiar comparate, relatate verbal. Şi, totuşi, sinteza nu are loc.

Şi ceea ce este, de asemenea, extrem de interesant e faptul că această incapacitate e limitată la o singură mînă. Pipăind cu mîna dreaptă obiectul, Modeste îl recunoaşte imediat. Nici una din facultăţile intelectuale nu este atinsă. Afară de faptul că aude, vede ca toată lumea, recunoscînd perfect obiectele cu ajutorul acestor simţuri, ea gîndeşte foarte bine, ţine minte foarte bine. Totul s-a păstrat normal, afară de această regiune bine delimitată: recunoaşterea obiectelor cu ajutorul mîinii stîngi. Aici, în acest domeniu, legătura dintre trecut şi prezent s-a întrerupt şi unitatea percepţiei s-a destrămat.

Dar iată că Modeste poate să ajungă pe un drum ocolit, să restabilească această legătură. Descriind *în cuvinte*, parte cu parte, elementele obiectului, ea ajunge să-şi dea seama, puţin cîte puţin, despre ce obiect ar putea fi vorba. Lucrurile se petrec ca într-o ghicitoare: Ce e lung, cilindric, neted, plat la un capăt şi ascuţit la celălalt? Pe baza acestei descrieri poţi, fără să vezi obiectul, să presupui că datele respective se referă la un creion — deşi s-ar potrivi poate şi pentru un cui.

Aşa procedează şi Modeste. Ea ghiceşte despre ce obiect e vorba, fără să-l poată percepe, prin faptul că-şi înşiră diferite însuşiri ale lui aflate separat. De aceea, îi vine mai uşor să recunoască anumite figuri geometrice în spaţiu: sferă, con, prismă. Însuşirile spaţiale ale acestor figuri corespund, mai simplu, unei anumite definiţii învăţate.

De aici, cititorul îşi poate da seama de un alt aspect fundamental al activităţii prin care scoarţa cerebrală reconstituie, sintetizînd, imaginile obiectelor. E vorba de participarea limbajului.

În cazul descris, din cauza distrugerii unei porţiuni din substanţa creierului, la această sinteză, la această reconstrucţie limbajul nu poate participa decît din afară, reconstituind, el, în forma sa verbală („E probabil un creion") din detalii traduse verbal (lung, cilindric, neted) sensul unitar al obiectului.

Dar în mod normal cuvîntul poate lua, şi ia parte nemijlocit, direct, dinăuntru la această reconstituire, fără să ne mai dăm seama de aceasta.

Obiectele pe care le întîlnesc, care-mi sînt mai mult sau mai puţin cunoscute — un scaun, o masă, un copac, un stîlp, o floare, etc. — au pentru mine *un nume*. Numele acesta acordat unui ansamblu de însuşiri diverse de culoare, formă, mărime, duritate etc. (ale unui obiect anumit) reprezintă un factor de cimentare, de sintetizare, de care se serveşte creierul în constituirea excitantului complex, în operaţia aceasta de reconstituire a imaginii unitare a obiectului.

Nouă ni se pare că întîi am văzut obiectul și apoi l-am denumit, că amintirea numelui este o consecință, o urmare a perceperii obiectului. Dar nu este așa (e vorba de obiecte familiare). Numele e prezent în timp ce percepem obiectul. Mai mult, el ne ajută să-l percepem ca obiect, să-l recunoaștem ca obiect.

Aceasta s-a văzut foarte bine în experiența lui Leontiev, descrisă mai sus. În clipa cînd cititorul a aflat că e vorba de un iepuraș, adică în clipa în care cuvîntul și-a putut îndeplini rolul acesta de sintetizator, pe baza experienței anterioare a cititorului, experiența anterioară l-a servit altfel pe cititor, l-a făcut să vadă altfel grupul de pete de pe foaia de hîrtie, l-a făcut să vadă aceste pete într-un ansamblu cu înțeles unitar.

Dar nu sînt toate creioanele la fel, toate dulapurile la fel, toți iepurii la fel.

Pot să recunosc creionul *meu*, dulapul *meu*, ochelarii *mei*. Dar pot să recunosc *un* creion, *un* dulap, *o* pereche de ochelari, obiecte concrete pe care nu le văd pentru prima oară, dar despre care-mi dau seama ce sînt sau, mai precis, din ce categorie de obiecte fac parte. A recunoaște nu înseamnă numai a identifica un obiect cunoscut ci, de foarte multe ori, a identifica un obiect nou, adică a stabili ce este, din ce categorie face parte.

Mergînd pe stradă, plimbîndu-mă într-un parc, desfășurîndu-mi activitatea la locul de muncă, asistînd la un spectacol, am prilejul să întîlnesc nenumărate persoane, lucruri, priveliști, situații, evenimente pentru prima oară. Cu toate acestea, chiar aflîndu-mă pentru prima oară într-un oraș străin, nu mi se pare de loc că am căzut într-o lume fantastică, de basm. Oamenii sînt oameni, casele sînt case, străzile sînt străzi, chiar dacă în înfățișarea lor concretă, particulară prezintă pentru mine elemente de noutate.

Ceea ce înseamnă că în această operație de reconstituire, de reflectare a imaginilor, creierul nostru este pregătit din experiența noastră anterioară și cu anu-

mite tipare în care prinde aceste imagini, dar tipare-scheme, tipare categoriale cu elemente variabile. Văzîndu-l pentru prima oară pe stradă pe omul X, care pentru familie şi cunoscuţi este Ion Popescu, cetăţean onest şi respectat şef de familie, eu văd un *om*, îl percep ca *om*, îl văd prin prisma acestei categorii. Iar categoria însăşi e reprezentată şi actualizată prin numele ei. Eu nu-mi dau seama de toate aceste operaţii complicate în timp ce-l întîlnesc pe stradă şi trec pe lîngă el. Dar această participare a cuvîntului şi a schemei, a categoriei, a noţiunii pe care cuvîntul o reprezintă, la constituirea imaginilor celor percepute, are loc.

Şi cînd în anumite boli ale creierului cuvîntul este împiedicat să participe, întregul proces de reflectare, de reconstituire a imaginilor, suferă. E vorba de anumite forme de afazii (boli de limbaj), în care bolnavul nu mai poate numi obiectele — sau numai anumite obiecte întîlnite. Nu e vorba de faptul că nu le recunoaşte (ca în agnozii). Bolnavul poate spune la ce foloseşte obiectul respectiv, poate arăta chiar cum e folosit, dar numele, cuvîntul nu-l ştie. În realitate nici cuvîntul nu e pierdut. Se poate întîmpla ca în vorbirea sa omul să-l folosească la un moment dat.

Aşa, de exemplu, un asemenea bolnav fiind întrebat despre o umbrelă ce obiect este, bolnavul n-a reuşit să răspundă, nu şi-a amintit numele. Privind obiectul, a ridicat din umeri şi a spus: „Nu ştiu cum se cheamă asta". Apoi a adăugat: „Am şi eu acasă o umbrelă". Există şi cuvîntul, există şi imaginea obiectului reconstituită fără ajutorul cuvîntului, prin utilizarea experienţei anterioare a persoanei, dar legătura dintre ele s-a întrerupt, s-a blocat. Şi care e efectul?

Tot ceea ce cere o reacţie practică a persoanei, în raport cu diferitele obiecte, se desfăşoară normal. Obiectele sînt folosite corect, potrivit cu deprinderile căpătate altădată. Cu cuţitul se taie, cu creionul

se scrie, cu paharul se bea. Dar în momentul în care o anumită activitate îi cere bolnavului să grupeze obiectele pe categorii, potrivit cu anumite criterii, el nu mai poate face față. Pentru omul normal, cinci, șase, șapte nuanțe de albastru — albastru marin, albastru azur, albastru verzui etc. — pot apărea ca varietăți ale aceleiași culori, ale aceleiași categorii: albastru.

Pentru acest bolnav, o asemenea grupare este imposibilă. Dîndu-i-se treizeci-patruzeci de eșantioane de culoare să le grupeze după grupele principale (roșu, verde, galben etc.), bolnavul este incapabil să îndeplinească această sarcină. El refuză cu hotărîre să pună la un loc diferitele nuanțe ale aceleiași culori. Culorile sînt sau identice, sau radical deosebite. Elementul generic a dispărut. A dispărut capacitatea de a percepe lucrurile prin prisma categoriilor, de a raporta diferite variante la o categorie unitară. Totul se reduce la o comportare practică. Cuvîntul nu-și mai îndeplinește misiunea. Cînd i s-a cerut bolnavului să așeze în aceeași grupă o sticlă și un tirbușon, s-a opus cu hotărîre. Cele două obiecte nu puteau sta împreună pentru că *practic* asocierea lor n-avea nici un rost: sticla era destupată.

Aceste exemple ne arată imensul rol pe care-l are cuvîntul, limbajul — cel de-al doilea sistem de semnalizare — în activitatea creierului de reconstituire a imaginilor realității, reconstituire care în mod normal se face categorial, prin raportarea imaginii la o categorie de obiecte avînd aceleași însușiri esențiale.

Scoarța cerebrală se servește de limbaj, de acest al doilea sistem de semnalizare pe care viața socială l-a făurit și l-a inclus în structura activității sale, ca de un factor organizator și sintetizator al mesajelor actuale și trecute sosite de la receptor. Acest factor sintetizator contribuie în mod esențial la reconstituirea cît mai fidelă a imaginii obiectelor și fenomenelor din lumea înconjurătoare.

Dar în operația aceasta de reconstituire a imaginii obiectelor întîlnite, creierul trebuie să mai rezolve o problemă extrem de complicată: reconstituirea spațiului, reconstituirea însușirilor spațiale ale obiectelor din realitate.

Spațiul în care trăim, în care ne mișcăm, este un spațiu cu trei dimensiuni.

Ce înseamnă „tridimensional", ce înseamnă „a avea trei dimensiuni"? Care sînt aceste dimensiuni?

Mă gîndesc la un obiect oarecare, de pildă la creionul cu care scriu. Are o anumită lungime, aceasta ar fi o dimensiune. Și apoi? Pot vorbi și despre grosimea creionului. Dar creionul nu e la fel de gros peste tot. În primul rînd, spre vîrf se subțiază. Afară de aceasta, nu e o grosime asemănătoare cu aceea a unei scînduri, sau a unei cutii de chibrituri. Creionul e rotund, mai exact e prismatic, format din opt fațete înguste. Aci intervin alte date: numărul fațetelor, lățimea fațetelor. Care sînt, deci, dimensiunile?

Sau, ochelarii: brațele ușor încovoiate, cadrul lentilelor cu două feluri de curburi sus și jos, porțiunea de legătură, lentilele. Care sînt cele trei dimensiuni?

Cele trei dimensiuni nu se referă la diversele dimensiuni, diversele date privitoare la forma unui obiect anumit, adică la dimensiunile pe care inițial inginerul a trebuit să le noteze în schițele de construcție ale obiectului sau piesei respective. E vorba de altceva.

Să ne gîndim la niște ființe imaginare a căror viață s-ar putea desfășura pe o singură linie dreaptă. Dacă două din aceste ființe ar dori să-și dea o întîlnire undeva pe linie, ele n-ar avea decît să stabilească la ce depărtare, de punctul unde stau de vorbă, trebuie să aibă loc întîlnirea. Pentru stabilirea acestui punct nu este nevoie, deci, decît de o singură dată, o singură informație.

Să ne gîndim acum la niște ființe imaginare a căror viață s-ar putea desfășura în întregime pe o suprafață plană, pe o foaie de hîrtie, să zicem.

Să presupunem și aici că două din aceste ființe ar dori să-și dea întîlnire undeva pe foaia de hîrtie. De astă dată însă înțelegerea asupra unei singure distanțe n-ar mai fi suficientă. O convenție ca aceasta: „Să ne întîlnim la o depărtare de 7 cm. de punctul unde vorbim" n-ar mai fi suficientă. Există un număr nesfîrșit de asemenea puncte în jurul punctului de plecare.

Pe foaia de hîrtie e nevoie de două date, de două informații pentru stabilirea poziției unui punct. Se aleg pentru aceasta două drepte în planul foii — care joacă rolul unui sistem de referință — și apoi se precizează depărtarea punctului față de ambele drepte. O asemenea lume plană (bine înțeles, închipuită) ar fi o lume cu două dimensiuni.

În lumea noastră reală, însă, două date nu ajung pentru a stabili poziția unui punct în spațiu. Un obiect real nu poate fi niciodată cuprins în întregime într-o suprafață plană. În afară de faptul că el se întinde pe această suprafață ocupînd acolo un anumit loc, obiectul acesta are și grosime, înălțime — oricît de subțire ar fi.

Cu alte cuvinte, un obiect, care există cu adevărat, are volum, are plinătate, este *tridimensional*. Cînd pilotul unui avion, zburînd deasupra oceanului, dorește să-și comunice la un moment dat poziția prin radio, el trebuie să arate deasupra cărui punct al oceanului zboară și la ce înălțime zboară. Dar poziția punctului deasupra căruia zboară are și ea nevoie de două date pentru a fi determinată (latitudinea și longitudinea). Așadar: trei date, trei informații pentru a determina poziția unui punct în spațiu — în spațiul real, adevărat în care trăim. De aceea, acest spațiu este tridimensional.

Știința modernă socotește că, de fapt, ar fi necesare patru date pentru identificarea unui punct în

spațiu, cea de-a patra informație referindu-se la timp. Dar întrucît e vorba aci de felul în care noi percepem lumea nemijlocit și nu de ceea ce indirect putem presupune prin gîndirea noastră, vom vorbi despre lumea cu trei dimensiuni, așa cum cu toții o cunoaștem.

Și acum îl rog pe cititor să se gîndească la următoarele: un snop de raze de lumină a pornit de la un obiect din fața mea — să zicem un măr. Razele de lumină, provenite fiecare din alt punct al suprafeței obiectului, au pătruns prin pupilă, au traversat cristalinul care le-a proiectat pe fundul ochiului, pe retină formînd acolo o imagine, o „fotografie în culori" a obiectului. Un număr de celule ale retinei au fost excitate de punctele de lumină, care au căzut pe fiecare din ele.

În fiecare din aceste celule ia naștere șirul de influxuri nervoase care pornește spre creier. Pe o porțiune a suprafeței creierului se află celule care vor primi aceste influxuri.

Pentru fiecare drum nervos, din cele cîteva sute de mii de drumuri care leagă retina de creier, se află cîte o stație distinctă de recepție care ia în primire mesajul nervos. Imaginii luminoase formate pe retină îi va corespunde, în momentul respectiv, în creier, o imagine care o reproduce perfect pe prima, formată, însă, nu din punctulețe de lumină, de energie luminoasă, ci din punctulețe de energie nervoasă.

Am văzut, în capitolele precedente, cum această imagine de energie nervoasă poate reproduce nu numai forma de ansamblu a imaginii proiectate pe retină, dar poate reproduce punct cu punct și amănuntele acestei imagini, în ceea ce privește nuanțele de luminozitate și de culoare.

Ei, bine, cititorule, dacă noi n-am dispune decît de aceste mijloace, știi cum ne-ar apărea lumea?

Cum i-a apărut în primele clipe acelui om care, orb fiind de la naștere, a fost operat și a început să vadă, abia pe la vîrsta de 20 de ani.

Totul îi apărea ca zugrăvit, ca întins pe un vast tablou. Oamenii, casele, lucrurile nu formau decît un strat de forme și culori lipit de ochii săi.

Obiectele nu aveau pentru el volum, nu aveau relief, așa cum au pentru vederea noastră, nu erau dispuse în adîncime, unele mai apropiate, altele mai depărtate, ci totul părea lipit de ochii săi. Ceea ce percepea el cu vederea proaspătă, era o lume bidimensională, lumea cu două dimensiuni, plană, a chipurilor zugrăvite.

Dar lumea pe care o percepem noi, cei mai mulți, cei la care văzul a avut o dezvoltare normală, este o lume plină, o lume de volume și reliefuri, este o lume de obiecte, tridimensională.

Doar cu mintea ne putem închipui linii care să nu aibă grosime, suprafețe care să nu aibă adîncime, volum. În realitate, oricît de subțire ar fi o pojghiță, ea nu poate fi numai întinsă, trebuie să aibă și o grosime, un volum.

Mărul din fața mea, pe care-l privesc, e așezat la o anumită distanță de mine, de privirea mea. Ca orice obiect, are plinătate, are volum, astfel încît unele puncte ale sale sînt ceva mai apropiate de mine, altele sînt ceva mai în urmă, mai depărtate.

Dacă mărul e așezat la doi metri de mine, razele, pornite de la măr spre ochii mei, vor parcurge aproximativ doi metri. Potrivit cu mărimea, cu diametrul mărului, vor apare diferențe de cîțiva centimetri între drumurile parcurse de raze.

Acesta este faptul obiectiv.

Subiectiv — eu *văd* mărul așezat la o anumită distanță de mine, deci îl văd așa cum este, cu plinătatea, cu relieful, cu volumul lui.

Întrebarea este acum: în ce fel e informată scoarța creierului și despre aceste însușiri spațiale (nu numai formă și culoare) ale obiectului. În ce fel imaginea formată din energie nervoasă, în creierul meu, cuprinde și date asupra depărtării la care e situat obiectul, asupra plinătății sale, cum e posibilă reconstituirea imaginii tridimensionale a obiectului?

Amintește-ți, cititorule: în scoarța creierului, într-un strat de celule se reconstituie imaginea obiectului, sub forma unui mozaic de milioane de punctișoare de energie nervoasă.

Dar ea, această imagine, nu e dispusă în adîncime, nu poate reproduce înfățișarea mărului cu volumul său, cu plinătatea sa, așa cum ar reproduce un sculptor mărul, redîndu-i în ghips rotunjimile.

În spațiul care se întinde înaintea privirii mele văd obiectele orînduite la distanțe mai mici sau mai mari, de la cîțiva centimetri la zeci de kilometri. Nimic nu poate exista în cunoașterea mea sub formă de oglindire subiectivă, care să nu fie produsul unei anumite stări a celulelor nervoase din creierul meu.

Sub ce formă se traduc în scoarța creierului aceste diferențe de depărtare între obiecte și între punctele aceluiași obiect?

Într-un fel oarecare aceste diferențe de depărtare trebuie să aibă și un corespondent în activitatea nervoasă a scoarței creierului.

Aceasta este, deci, problema: Cum e posibil să avem o imagine spațială a lumii și a lucrurilor din jurul nostru, o imagine în care lucrurile nu ne apar ca pictate pe o pînză, ci pline și orînduite la depărtări diferite de noi, din moment ce e de neînchipuit ca în scoarța creierului punctele de energie nervoasă să poată reproduce ca niște mulaje, tridimensional, înfățișarea lucrurilor cu volumul, cu relieful lor.

Și pentru ca problema să apară mai clară, să ne gîndim și la rolul jucat de retină, adică acea minunată membrană sensibilă a ochiului, în care are loc transformarea imaginii luminoase în imagine de energie nervoasă. Retina ea însăși nu e decît o placă sensibilă pe care se proiectează, exact ca pe placa sensibilă a aparatului fotografic, o fotografie în culori a obiectelor dinaintea privirii. Imaginea formată pe retină este deci ea, în primul rînd, o imagine care se întinde numai în suprafață, nu și în adîncime.

Imaginile de pe retină ale obiectelor nu au volum, nu au adîncime, nu au relief, nu au cea de-a treia dimensiune. Cum poate, deci, reconstitui creierul, din imaginea în suprafață numai, furnizată de retină, imaginea lumii înconjurătoare, așa cum ne apare de fapt, adică avînd și volum și relief?

Cu siguranță că cititorul s-a și gîndit la unele explicații. Noi recunoaștem doar și într-o fotografie — în care volumul, relieful lipsesc de fapt — depărtările relative ale obiectelor și relieful lor.

Privind o fotografie, unele obiecte mi-apar mai apropiate, altele mai depărtate. Eu deosebesc, de asemenea, în fotografie grosimea, volumul diferitelor obiecte. Trunchiul copacului îl văd cu grosimea lui, în timp ce frunza mi-apare subțire, așa cum e în realitate.

Cum reușesc să deosebesc în această imagine, care e de fapt plană, fără adîncime, adîncimile și reliefurile pe care le reproduce?

Există, în primul rînd, un joc de umbre care trădează relieful. Imaginea unei sfere, așa cum apare proiectată pe o suprafață plană, e un cerc. Imaginea unui disc (dacă planul discului e paralel cu planul suprafeței de proiecție) e tot un cerc.

Eu pot, însă, deosebi foarte bine fotografia unui glob sferic, de fotografia unui disc, cu toate că în ambele cazuri fotografia se reduce la un cerc.

Cum? Prin jocul de umbre! Datorită reliefului, lumina nu cade la fel pe toată suprafața globului. Unele părți sînt mai bine luminate, altele mai slab. Discul însă primește, în general, aceeași lumină pe toată fața sa. Astfel încît, pe fotografie, suprafața circulară care reproduce globul va avea unele părți mai luminoase, altele mai umbrite.

Din experiența noastră anterioară ne-am deprins (fără să ne dăm seama) să folosim acest joc de umbre drept indiciu al formelor de relief care, de fapt, cauzează jocul de umbre. Fără relief nu există umbre, anumite reliefuri sînt însoțite de anumite umbre, și

astfel umbrele pot dezvălui ochiului ceea ce nemijlocit nu are cum să afle — relieful corespunzător al obiectului.

În al doilea rînd, obiectele în fotografie se acoperă unele pe altele. Iarăşi, experienţa noastră ne-a învăţat să ne dăm seama, din felul în care obiectele se acoperă, cum sînt dispuse în adîncime. Cele mai apropiate sînt, firește, cele care apar mai libere, mai descoperite. Dintre două obiecte, două persoane, aşezate unul îndărătul celuilalt, cel ce acoperă e cel ce apare mai în faţă şi cel parţial acoperit apare mai în spate.

Esenţial, în ceea ce priveşte aprecierea distanţei la care diferite obiecte dintr-o fotografie sînt situate, este fenomenul perspectivei. Un obiect este redat, în desen sau în fotografie, cu atît mai mic cu cît e mai depărtat. Deci, dacă e vorba de obiecte cunoscute, distanţa mai mică sau mai mare la care sînt situate va fi semnalată şi prin dimensiunea cu care apar în fotografie.

În sfîrşit, depărtarea schimbă şi luminozitatea obiectului, iar dacă e vorba de o fotografie în culori, sau de o pictură, la impresia de depărtare va contribui şi schimbarea chiar a coloritului.

Marele pictor italian din secolul al XVI-lea, Leonardo da Vinci, dădea următoarele indicaţii în tratatul său de pictură.

„Dacă dincolo de un zid se văd mai multe clădiri de aceeaşi mărime, care nu sînt în acelaşi plan, pictorul trebuie să arate distanţa lor redînd aerul mai dens ca de obicei. Căci, în această aşezare, lucrurile cele mai depărtate par mai azurii, din cauza marii cantităţi de aer care se găseşte între ochi şi obiect. Prima clădire aflată dincolo de zid va avea culoarea naturală, a doua va fi profilată mai slab şi într-o nuanţă uşor albăstruie; a treia, mai depărtată, va fi şi mai azurie. Dacă vrei ca altă clădire să pară de cinci ori mai depărtată, fă nuanţa azurie de cinci ori mai intensă...“

Noi ne-am obișnuit din toată experiența noastră să folosim (repet: fără să ne dăm seama) toate aceste indicații — jocul de umbre, coloritul, acoperirea reciprocă etc. — ca să apreciem volumele și distanțele.

Dacă, deci, fotografia sau pictura — în care toate liniile și culorile sînt, de fapt, întinse numai în suprafață, în același plan — pot reda relieful, adîncimea (cea de-a treia dimensiune a spațiului) prin complexul de mijloace pomenite, nu putem trage de aici concluzia că și atunci cînd vedem obiectele reale, ochiul și creierul nostru se folosesc de aceleași mijloace pentru a reconstitui, sub forma imaginii subiective, relieful, adîncimea?

Nu e nevoie ca retina și, mai departe, scoarța creierului să construiască macheta obiectului cu volumul său, pentru că analizatorul vizual poate crea impresia de relief și adîncime folosind tot ansamblul de indicații de care am vorbit.

Iar acest fenomen se va încadra perfect în teoria generală științifică a activității sistemului nervos.

Am avea și aici un fenomen de semnalizare, în care un anumit fenomen, care nu se dezvăluie la un moment dat direct simțurilor noastre, este semnalat de altul asociat cu el, unit cu el pe baza legăturilor nervoase temporare.

Numai că...

Priviți din nou o fotografie și comparați-o cu realitatea. Deosebirea este radicală! Îmi dau seama că fotografia reproduce distanțe, adîncimi, o șosea care se pierde în zare, munți cu povîrnișuri și cu stînci, dar îmi dau seama, în același timp, perfect de bine, că fotografia e numai o copie plană, că adîncimea, relieful nu sînt reale, sînt numai imitate, sugerate prin mijloacele fotografiei.

Înseamnă, deci, că văzul se bizuie și pe altceva, și pe alte indicații, pentru a construi impresia de relief real, pentru a oglindi relieful real al lucrurilor, ceva ce scapă chiar și fotografiei în culori sau filmului în culori.

Umbrele, perspectiva, coloritul constituie şi ele mijloace de sugerare a reliefului, de întregire a impresiei de relief, dar se pare că nu constituie esenţialul, din moment ce oricît de minuţios ar fi folosite într-o pictură, într-o fotografie, într-un film, nu pot crea decît impresia de imitaţie a reliefului.

Priviţi din nou fotografia în culori şi dacă se poate încercaţi s-o comparaţi cu originalul, cu fragmentul de realitate pe care-l redă. Urmăriţi punct cu punct, detaliu cu detaliu. Totul este reprodus: fiecare umbră, fiecare joc de linii, proporţiile exacte ale dimensiunilor. Nu lipseşte nimic — afară de impresia de relief real.

Dar ce anume lipseşte?

Îi lipseşte, cititorule, relieful însuşi...

Vei spune, fără îndoială, că glumesc. Te vei convinge, însă, imediat, că am dreptate.

Aşează pe masă, în faţa dumitale, un obiect oarecare, orice, să zicem o carte. Dacă o deschizi şi o aşezi cu cotorul perpendicular pe masă, e mai bine.

Priveşte-o! Reţine imaginea pe care ai perceput-o. Acum mişcă puţin capul, cîţiva centimetri la dreapta sau la stînga. Mai ai exact aceeaşi imagine? Nu, e clar că nu. Dacă, de pildă, înainte nu vedeai de loc una din coperţi, acum începi s-o vezi ca o fîşie foarte îngustă. Mai mişcă puţin capul. Coperta apare mai bine, ca un paralelogram ceva mai lat.

Repetă, te rog, acelaşi exerciţiu privind cu un singur ochi. Rezultatul e acelaşi. O uşoară deplasare a capului dezvăluie privirii o imagine puţin diferită a aceluiaşi obiect.

Să repetăm experienţa, de astă dată, însă, nu cu un obiect real, ci cu o reproducere plană a sa, adică cu o fotografie sau o pictură a obiectului. Priveşte obiectul din fotografie şi reţine-i imaginea. Deplasează puţin capul la dreapta sau la stînga, privind cu ambii ochi sau cu un singur ochi. Imaginea obiectului din fotografie nu se schimbă. Obiectul din fotografie nu dezvăluie privirii un alt aspect al său. Să presupunem

că avem fotografia aceleiași cărți deschise, așezată cu cotorul perpendicular pe masă.

Dacă, privind fotografia dintr-un punct oarecare, nu vedem una din coperți, zadarnic vom muta capul la dreapta sau la stînga, zadarnic ne vom mișca noi înșine, chiar cu cîțiva metri, de o parte sau de alta. Fotografia ne va oferi exact aceeași imagine a cărții, pe care am avut-o de la început, și nimic mai mult.

Numai un obiect în relief își schimbă înfățișarea cînd e privit dintr-o parte sau din alta, numai un obiect în relief e în stare să dezvăluie ochiului, cînd acesta își mută punctul din care privește, alte laturi, alte părți, alte aspecte ale sale. Desenul plan, reproducerea plană oferă, din orice parte sînt privite, exact aceeași imagine pe care a avut-o pictorul, cînd a desenat, sau pe care a prins-o aparatul fotografic, în momentul fotografierii.

Iată, deci, că există ceva ce o fotografie, o pictură, nu pot în nici un caz realiza: să prezinte imagini diferite, cînd sînt privite din puncte diferite. De ce? Tocmai pentru că relieful lor nu e real.

Cititorule, sînt convins că acum încerci s-o iei înaintea raționamentului meu. Mi se pare c-ai și început să-i găsești defecte, înainte chiar ca eu să-l fi expus.

Așadar, după dumneata — gîndește cititorul — ceea ce ne informează despre așezarea obiectelor în spațiu, la diferite depărtări, ceea ce ne informează despre plinătatea, despre relieful obiectelor, e faptul că privelișteа se schimbă mai mult sau mai puțin, cînd ne mișcăm capul și privim lucrurile din puncte de vedere diferite.

Astfel încît (gîndește mai departe cititorul) socoți dumneata că poți explica problema: cum se formează impresia de relief, de volum, din moment ce imaginea luminoasă de pe retină, și mai departe, imaginea din puncte de energie nervoasă din creier pierd cea de-a treia dimensiune și se formează asemenea fotografiilor?

Impresia de relief ar proveni din confruntarea din compararea acestor imagini plane, diferite, ale aceluiași obiect, obținute din puncte de vedere diferite.

Cititorule, trebuie să mărturisesc că raționamentul dumitale e excelent. Se pare, însă, că tot dumneata nu ești mulțumit.

Bine, gîndești dumneata mai departe, dar atunci ar însemna să nu-mi dau seama de relieful obiectelor decît mișcînd capul? Ceea ce, însă, nu e adevărat, impresia de relief e netă, e puternică, chiar dacă privesc lucrurile dinaintea mea ținînd capul absolut nemișcat și deci, fără să fac să se succeadă imagini ușor diferite ale aceleiași priveliști.

Nu se năruie astfel întregul raționament? Nu, nu se năruie pentru motivul că *nu e nevoie* să mișc capul spre a obține și confrunta imagini ușor diferite ale aceleiași priveliști. Acest lucru se realizează, chiar dacă și capul și ochii rămîn perfect nemișcați.

Se mișcă atunci obiectul? Uneori se mișcă și obiectul, dar acest lucru nu e de loc esențial. Obiectul poate rămîne tot atît de bine, și el, nemișcat.

Atunci?

Nu-i așa, cititorule, că ai, din nou, impresia că glumesc? Privirea rămîne imobilă, obiectul rămîne la locul lui și, totuși, impresia de relief se creează prin confruntarea unor imagini ușor diferite ale aceluiași obiect!

Hai, să mai facem o mică experiență. Vei vedea cum se lămuresc toate minunat. Să folosim aceeași carte deschisă, așezată cu cotorul perpendicular pe masă (poți folosi orice alt obiect).

Privește-o. Închide acum un ochi și privește cartea cu un singur ochi. Ai reținut imaginea? Bine. Închide-l acum pe cel cu care ai privit și deschide-l pe celălalt. Vezi același lucru? Desigur, tot cartea. Dar exact, exact același lucru? Nu, nu tocmai.

Mai încearcă de cîteva ori, cînd cu un ochi, cînd cu celălalt. Cele două imagini se succed repede și le poți acum compara mai bine. Sînt absolut identice? Trebuie să admiți, cititorule, că nu sînt identice.

Explicația?

E foarte simplă. Ochii sînt așezați în orbite la o distanță care nu e de neglijat: 6—7 cm.

Privind pe rînd, cu fiecare ochi, fiecare ochi va prinde înfățișări ușor diferite ale aceluiași obiect. Lucrurile se întîmplă exact ca și cînd, continuînd să privim numai cu un singur ochi, am muta însă capul (și deci și punctul din care privim) cu 6—7 cm. la dreapta sau la stînga.

Așadar, experiența noastră ne-a arătat că fiecare din cei doi ochi dobîndește o imagine puțin diferită a aceluiași obiect privit. Aceasta fără să mișcăm capul, numai prin faptul că ochii ocupă poziții diferite în raport cu obiectul.

Lucrurile sînt foarte clare, cînd e vorba să privim numai cu cîte un ochi.

Dar ce se întîmplă cînd privim normal, cu ambii ochi? Se înțelege, fiecare ochi continuă să privească lumea din punctul său de vedere.

Te-ai gîndit vreodată, cititorule, la faptul acesta minunat, extraordinar de interesant: Noi vedem lumea, lucrurile cu ajutorul a două organe de văz, cu ajutorul a doi ochi. Fiecare ochi primește imaginea sa, fiecare retină își formează imaginea ei, fiecare retină își comunică independent informațiile la creier și, totuși, noi nu vedem lucrurile care ne înconjoară în dublu exemplar, imaginile noastre vizuale nu sînt duble. Privind creionul de pe masă văd *un* creion, nu două, privind călimara văd *o* călimară, nu două. Ce se întîmplă cu cele două imagini primite de fiecare ochi și trimise creierului? Se pierde una pe drum? Nu, de loc.

În timp ce avem două posturi de recepționare a undelor luminoase, care funcționează separat (ochii), avem numai o singură stațiune în scoarța cerebrală de elaborare a imaginilor vizuale.

Punctele celor două retine sînt perechi, orice punct al unei retine își are o pereche a sa pe cealaltă retină. Două astfel de puncte perechi (numite puncte corespondente) își trimit mesajele către același punct unic din scoarța cerebrală. Și atunci, se înțelege că avînd două porți de intrare a vestilor (ochii), dar o singură

stațiune de primire a lor și de elaborare a imaginilor vizuale, nu vom avea decît o imagine unică a aceluiași obiect.

Aceasta, însă, cu condiția ca ochii să fie astfel așezați, încît două puncte pereche (care-și trimit mesajele către același punct din creier) să primească imaginea *aceluiași* punct din realitate. Dacă ochii sînt, însă, așezați altfel, așa încît un punct anumit din afară își formează imaginile pe puncte nepereche (necorespondente) ale retinei, atunci se înțelege că punctul unic va fi văzut dublu (imaginea sa formîndu-se în puncte diferite ale creierului).

Această împrejurare se poate realiza foarte ușor, dacă apăsăm cu degetul unul din ochi. În clipa aceea, suprapunerea se strică, imaginile se despart și obiectul din fața mea îmi apare dublu. Însă în jocul liber, neforțat al ochilor, contopirea se realizează întotdeauna de la sine, automat, astfel încît imaginea lucrurilor văzute apare unică.

Iată, însă, că cei doi ochi nu trimit creierului exact aceeași imagine. Ceea ce se întîmplă atunci cînd privim un obiect cînd cu un ochi, cînd cu celălalt, se întîmplă și atunci cînd privim același obiect în mod normal, cu ambii ochi.

Imaginile furnizate creierului de cele două posturi de recepționare, de cele două retine sînt întrucîtva diferite și sînt diferite tocmai pentru că obiectul are volum, are relief și el oferă, celor doi ochi ai noștri, fațete ușor diferite ale suprafeței sale.

În scoarța cerebrală nu va avea loc, deci, contopirea a două imagini absolut identice, ci a două imagini oarecum disparate.

Dar ne dăm noi seama de acest fapt? Simțim noi, privind lucrurile din jurul nostru, că imaginile obiectelor — copaci, case, oameni etc. — au contururile nesigure, neprecise, ca urmare a faptului că rezultă din contopirea a două imagini care diferă?

Așa cum știi și dumneata, cititorule, și cum știe orice om cu vederea normală, noi nu avem de loc im-

presia de neprecis, de „mișcat", în timp ce privim lucrurile din jurul nostru.

Cele două imagini ușor diferite, furnizate creierului de cele două retine ale ochilor noștri, izbutesc, totuși, să fuzioneze perfect în scoarța cerebrală.

Să fuzioneze perfect, dar dînd naștere unei impresii în plus — născută din însăși neegalitatea celor două imagini — impresia de relief.

Ce extraordinar de ingenioasă ne apare această soluție a naturii!

Așa cum am văzut, cel mai sigur indiciu că un obiect are plinătate, are relief, și că nu e o copie zugrăvită, plană, este faptul că fiind privit din poziții diferite (sau fiind fotografiat din poziții diferite) el dezvăluie fațete, laturi mai mult sau mai puțin diferite ale înfățișării sale exterioare. Tocmai această diferență de imagini este indiciul absolut sigur al reliefului. Nici o imagine plană n-ar putea-o realiza.

Pentru a constata existența unei astfel de diferențe, folosind numai un singur organ vizual, ar trebui ca de fiecare dată să luăm cîte două „poze" succesive cu privirea, mișcînd capul.

Iată, însă, că se poate și altfel: cele două imagini se obțin simultan, deci dintr-o singură privire, fără a fi nevoie să mișcăm capul, furnizate fiind de două organe receptoare, cei doi ochi care privesc obiectul din poziții diferite.

Imaginile se suprapun, se contopesc în stațiunea centrală, iar diferența dintre imagini, cauzată de relief, se traduce nu printr-o estompare, printr-o imprecizie a contururilor (ca într-o fotografie „mișcată"), ci prin cu totul altceva: tocmai prin impresia de relief!

Acum înțelegem cum pot imaginile plane ale retinei și complexele de puncte de energie nervoasă din creier să reconstituie cea de-a treia dimensiune, să reproducă imagini în volum, cu relief, ale obiectelor.

E vorba și aici de un fenomen de semnalizare, de informare a organismului, despre o însușire a lucrurilor pentru care îi lipsesc mijloace directe de oglindire.

Şi umbrele, perspectiva, coloritul joacă rolul unor astfel de mijloace de semnalizare. Dar mijlocul care creează impresia cea mai puternică a reliefului real este tocmai diferenţa imaginilor provenite de la acelaşi obiect şi care iau parte la construirea imaginii unice a obiectului.

Toată această teorie e foarte frumoasă. Dar... avem vreo garanţie că lucrurile se întîmplă tocmai aşa?

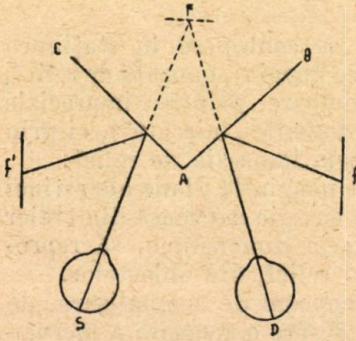
Punînd această problemă îmi vine, deodată, în minte următoarea idee: oare n-aş putea să înşel, totuşi, ochii făcînd astfel încît fiecare să privească cîte o fotografie a aceluiaşi obiect, folosind însă fotografii puţin diferite, obţinute din două poziţii diferite ale aparatului fotografic?

Dacă teoria ar fi justă, ar trebui să pot crea impresia de relief, obţinînd cu două fotografii, cu două imagini plane, ceea ce cu una singură nu pot obţine.

Cum să realizez, însă, acest lucru?

Dacă pun două fotografii alături şi le privesc, nu pot obliga ochii să privească fiecare numai una din cele două fotografii. Fiecare ochi primeşte imaginile ambelor fotografii şi eu voi vedea deci, pur şi simplu, două fotografii alăturate.

Pentru a verifica teoria, ar trebui ca cele două fotografii să fie văzute separat, fiecare de cîte un ochi şi, în acelaşi timp, să pot obţine suprapunerea imaginilor.



45. Stereoscop cu oglindă.

În felul cel mai simplu, lucrurile se pot realiza astfel: aşez un carton între ochi, perpendicular pe dreapta care-i uneşte. Dacă aşez acum pe masă două fotografii sau două desene egale şi apropii privirea, astfel încît cele două desene să fie despărţite

de carton, pot ajunge, după o oarecare sforțare, ca cele două imagini, văzute separat de cei doi ochi, să se suprapună într-o imagine unică. Mai bine este dacă folosesc două tuburi.

Dar și în acest caz se forțează jocul normal al ochilor și suprapunerea se realizează cu oarecare greutate.

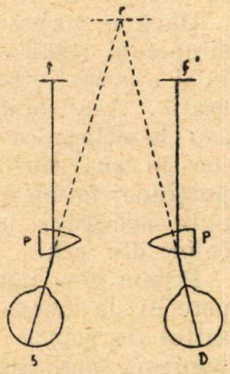
Iată, însă, în fig. 45 un aparat mai perfecționat. A B reprezintă o oglindă verticală, așezată astfel în apropierea ochiului drept D, încît reflectă spre ochi imaginea unui obiect f, așezat la dreapta.

A C reprezintă, de asemenea, o oglindă verticală așezată, însă, în apropierea ochiului stîng S și în care ochiul vede oglindindu-se obiectul f'.

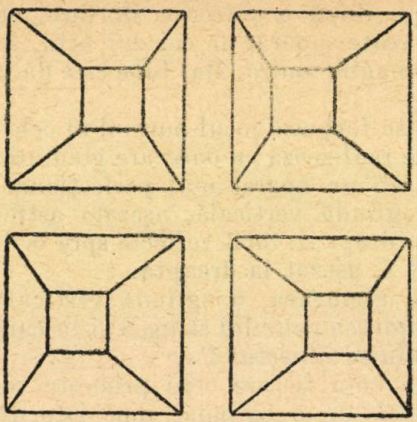
În schemă se vede cum fiecare ochi primește separat imaginea trimisă de o oglindă, dar datorită înclinării oglinzilor, razele au o astfel de direcție încît par sosite de la același obiect F. În felul acesta, deși imaginile primite de cei doi ochi au izvoare diferite, ele cad astfel pe retină încît se suprapun. Privind cu aparatul acesta, cu ochii așezați în pozițiile D și S, vom vedea obiectul în F. Imaginea provine, de fapt, din suprapunerea imaginilor f și f'. Aparatul acesta se numește stereoscop și a fost inventat în secolul trecut de fizicianul Charles Wheatstone.

Se verifică cu ajutorul acestui aparat teoria vederii în relief? Se poate reconstitui impresia de relief din două imagini plane ușor diferite, cum prevede teoria?

Ei bine, impresia de relief care se obține cu ajutorul stereoscopului e de-a dreptul uimitoare. Nu mai e vorbă de senzația de relief imitat, ca într-o fotografie. Ai impresia că ai putea pipăi obiectele, că ai putea parcurge distanțele, iar lucrurile, copacii, casele par că se distribuie cu adevărat, în mai multe planuri, în adîncime.



46. Stereoscop cu prisme.



47. Perechi de desene care dau imagini în relief.

Nici nu se putea o mai strălucită, o mai pregnantă confirmare a teoriei!

Pe baza aceluiaşi principiu s-au construit aparate mai perfecţionate în care se folosesc prisme în loc de oglinzi. Iată în fig. 46 schema unui astfel de aparat.

P şi P' sînt două prisme la care sosesc razele de lumină provenite de la fotografiile aşezate în f şi f'. Trecînd prin aceste prisme, razele de lumină se frîng, se refractă şi îşi schimbă direcţia. Astfel razele ajung la ochi ca şi cînd ar proveni de la acelaşi obiect F. Noi avem impresia că vedem obiectul în locul respectiv (F).

Cum se obţin astfel de perechi de figuri care, aşezate în stereoscop, să dea o unică imagine cu impresie de relief?

Dacă e vorba de fotografii, lucrurile sînt foarte simple şi rezultă din cele arătate pînă aici. Luăm întîi o poză dintr-o anumită poziţie a aparatului fotografic. Apoi, mutînd aparatul fotografic la dreapta sau la stînga cu cîţiva paşi (însă fără a-l mişca de loc în sus sau în jos) şi, încadrînd exact aceeaşi porţiune, facem o nouă poză. Cele două poze, obţinute succesiv, înlocuiesc imaginile simultane ale celor doi ochi.

Putem crea impresia de relief şi cu ajutorul unor perechi de desene potrivit făcute. În fig. 47 se văd astfel de perechi de desene. Prima pereche va crea impresia unui trunchi de piramidă cu baza mică îndreptată spre noi.

În schimb, perechea a doua formează imaginea unei camere sau a unei galerii, pentru că liniile mergînd spre pătratul mai mic par că se depărtează, iar pătratul mic pare, din cauza aceasta, o deschidere plasată mai în fund, mai departe.

Foarte interesantă este întrebuințarea stereoscopului în descoperirea banilor falși (monede de hîrtie). Împreună cu moneda bună se așază în stereoscop și moneda dubioasă. Dacă și aceasta din urmă e bună, atunci cele două imagini, fiind absolut identice, se vor suprapune perfect și nu vom vedea decît bancnota respectivă. Dacă, însă, cea de-a doua e falsă, vor exista ușoare deosebiri și atunci suprapunerea imaginilor va crea impresia de relief. Vom vedea atunci o bancnotă boțită, mototolită, căci punctele sau liniile care nu coincid perfect dau, prin suprapunere, impresia de ieșit în afară, sau de îndoitură.

Complicate probleme a ridicat și realizarea filmului în relief și nici pînă azi nu s-a găsit o soluție deplină. Chestiunea principală rămîne, și în cazul filmului, aceasta: cum să oferi celor doi ochi imagini diferite? Procedeul cel mai simplu, dar incomod, este acela de a pune la dispoziția fiecărui spectator cîte o pereche de ochelari cu geamuri colorate diferit, de exemplu roșu și verde. Dacă pe ecran se proiectează simultan două filme, unul în roșu și altul în verde, ochiul care privește prin geamul roșu vede numai imaginile verzi, iar cel care privește prin geamul verde vede imaginile roșii. Dacă cele două filme au fost obținute de aparate așezate la oarecare distanță, atunci se poate obține imaginea în relief. Se înțelege, însă, că nu e tocmai comod ca fiecare spectator să primească la intrarea în sala de spectacol, în afară de bilet, și o pereche de ochelari.

S-au găsit multe alte soluții, dar mă voi mulțumi să-l invit pe cititor să citească interesanta carte a inginerului L. Strașun „Cinematografia",[1] în care va găsi expusă pe larg și problema filmului în relief.

[1] L. Strașun „Cinematografia", apărută la Editura tineretului, în colecția „Știinta Învinge" în anul 1956.

În afară de faptul că putem vedea relieful obiectelor și eșalonarea lor în adîncime, noi putem aprecia numai cu vederea și distanța absolută a obiectelor față de noi.

Cu alte cuvinte, dacă privesc două obiecte A și B, eu îmi dau seama care se află în față și care e așezat mai în urmă, mai departe; în același timp, însă, eu îmi dau seama și de depărtarea ca atare a fiecărui obiect față de mine. Deci, nu numai că unul e mai aproape și altul mai departe, ne dăm seama, ci și cît de departe e fiecare.

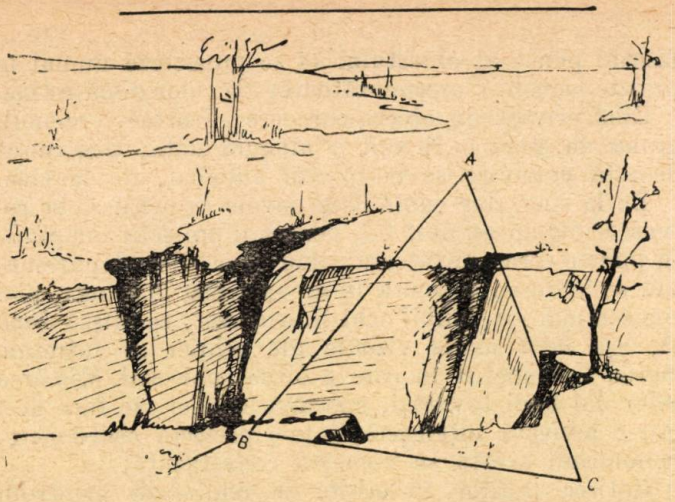
Se înțelege că, și aici, toată experiența noastră anterioară contează: distanțe pe care nu le-am parcurs se compară cu distanțe cunoscute. Diferite obiecte, ale căror dimensiuni le cunoaștem mai mult sau mai puțin exact, așezate între noi și obiectul respectiv, ne informează și ele asupra mărimii spațiului cuprins între obiect și noi. După cum am văzut, distanța la care e așezat obiectul schimbă, într-o măsură oarecare, și coloritul în care ne apare.

Dacă distanța nu este mare — cîteva zeci de metri — intervine, însă, și un alt mecanism de apreciere directă a distanței absolute (așadar fără sprijinul comparațiilor).

Și acest mecanism se bazează pe vederea noastră binoculară, pe faptul că dispunem de două organe receptoare pentru a vedea lucrurile.

Să ne gîndim la următoarea problemă. Mă aflu la marginea unei prăpastii foarte adînci și foarte late. Aș putea să măsor distanța în linie dreaptă între două puncte (A și C) situate de o parte și de alta a prăpastiei?

Există posibilitatea de a determina distanța respectivă, în mod mijlocit, prin calcul. În afară de punctul A, situat în partea în care mă aflu eu, mi-aleg încă un punct oarecare B, tot de aceeași parte. Astfel obțin triunghiul ABC a cărui latură AB o pot măsura. AC. distanța pe care vreau s-o aflu e o latură a acestui triunghi. Cu un aparat simplu numit goniometru, pot determina unghiurile A și B. Aplicînd o formulă din trigonometrie, pot afla latura AC, dar și latura



48. Calculul distanței (vezi textul).

BC, sau înălțimea coborîtă din C a triunghiului. Iată, așadar, că există posibilitatea să determin, prin calcul, distanța exactă pînă la un punct, fără să fiu nevoit să parcurg de fapt distanța respectivă.

Ceea ce calculul îmi permite să realizez cu precizie și la mari distanțe, vederea singură și fără ajutorul vreunui instrument poate realiza cu aproximație, dar numai pentru distanțe mici.

Rolul celor două puncte A și B îl joacă ochii înșiși, iar latura cunoscută, AB, este distanța de 6—7 cm dintre ochi.

Aici nu mai este, însă, vorba de un calcul mintal de care omul este conștient, ca în problemele de trigonometrie, ci de jocul unor mecanisme fiziologice, joc pe care nu-l simțim, de care nu ne dăm seama.

Dar cum se realizează măsurarea unghiurilor A și B?

Cititorul își amintește că formarea unei imagini vizuale unice a unui obiect, din suprapunerea celor două imagini furnizate creierului de retine, cere ca

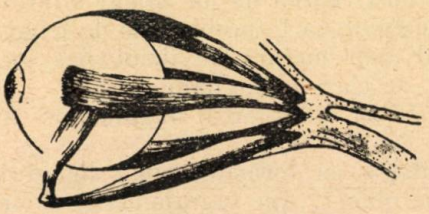
fiecare punct al obiectului să se proiecteze numai în puncte perechi (corespunzătoare) ale celor două retine.

Cînd privesc un obiect oarecare — cartea, creionul, guma de şters — îl văd o singură dată, pentru că această potrivire se realizează automat, de la sine.

De la sine, dar cum? Este nevoie ca ochii să se rotească într-un anumit fel, pentru a proiecta imaginile în puncte corespunzătoare. Cînd obiectul se depărtează sau se apropie, se mută la dreapta sau la stînga, mai sus sau mai jos, ambii ochi îl urmăresc, se mişcă după el, aşa încît axele vizuale ale ochilor se întretaie mereu în punctul în care e situat obiectul. Mişcarea celor doi buni tovarăşi, mişcarea ochilor, se face deci într-o perfectă înţelegere, într-o perfectă coordonare. Fenomenul acesta se numeşte convergenţă.

Rotirea ochilor în orbite se realizează printr-un admirabil sistem de muşchi, format din trei perechi de muşchi antagonişti. (Aceasta înseamnă că cei doi muşchi ai fiecărei perechi exercită acţiuni opuse asupra ochiului.) Perechea de muşchi formată din muşchiul drept superior şi muşchiul drept inferior permite ochiului să se rotească în jurul unei axe închipuite care ar străbate ambii ochi (ax frontal). Contracţia muşchiului drept superior roteşte globul ocular în sus şi înăuntru (către nas). Contracţia muşchiului drept inferior roteşte ochiul în jos şi tot înăuntru.

A doua pereche de muşchi formată din muşchiul drept intern şi muşchiul drept extern permite întoarcerea ochilor la dreapta sau la stînga, în jurul unei axe verticale închipuite care ar străbate fiecare ochi.



49. Muşchii globului ocular.

A treia pereche de muşchi e formată din muşchii oblici. Muşchiul oblic superior, contractîndu-se, roteşte ochiul în sus şi

în afară, iar mușchiul oblic inferior rotește ochiul în jos și în afară.

În felul acesta noi ne putem îndrepta privirea în orice direcție (bineînțeles, între anumite limite), rotind ochii după voie.

Dacă închidem un ochi și îl rotim pe celălalt, putem simți, apăsînd ușor cu degetul pe pleoapa lăsată, cum și ochiul acoperit se mișcă după cel care vede.

Aceasta înseamnă că mușchii celor două globuri oculare depind astfel de comenzile sistemului nervos, încît mișcările unuia antrenează și pe ale celuilalt.

Ce dozare fină a contracțiilor (sau destinderilor) celor șase mușchi este necesară pentru ca ochiul să se îndrepte exact către obiectul care ne atrage privirea, pentru ca imaginea obiectului să cadă exact pe micuța pată galbenă astfel încît să se obțină o imagine clară! Dar ce admirabilă coordonare se cere în dozarea contracțiilor musculare pentru ca *ambii* ochi să-și primească imaginile pe pata galbenă și tocmai în regiuni corespunzătoare, dînd astfel posibilitatea suprapunerii! Totul se desfășoară după un mecanism reflex perfect reglat, condus de anumiți centri nervoși.

Țineți un creion în dreptul ochilor, dar fixați-vă privirea ceva mai departe, de pildă pe un tablou de pe perete. Veți remarca faptul că imaginea creionului se dublează.

Axele ochilor se întîlnesc în locul unde se află tabloul, astfel încît imaginile tabloului, formate pe cele două retine, să cadă în regiuni corespunzătoare și să aibă loc suprapunerea.

În schimb e sacrificată suprapunerea imaginilor creionului, către care privirea nu e fixată și, deci, imaginile nu sînt proiectate în puncte corespunzătoare ale retinei.

Acum să ne desprindem privirea de pe tablou și s-o fixăm mai aproape, pe creionul pe care-l ținem în mînă.

Facem noi ceva cu știința noastră, cu voința noastră pentru a le găsi ochilor cea mai bună poziție în vederea

contopirii imaginilor, avem noi sentimentul că am căuta să potrivim ochii, că am căuta să potrivim imaginile? De loc!

Cele două imagini se atrag irezistibil, se atrag şi se suprapun fără voia noastră — tot aşa cum fără voia noastră retragem mîna de pe un obiect fierbinte, scăpînd de arsură, sau clipim, ferindu-ne ochii, cînd ceva se apropie de ei pe neaşteptate.

Existenţa imaginilor duble se transformă într-un excitant, care vesteşte unor centri din sistemul nervos că ceva nu e în regulă. Şi astfel sînt trimise spre muşchii globurilor oculare comenzi de contractare care, printr-un joc perfect coordonat, aduc imaginile de pe retine în puncte corespunzătoare, determinînd suprapunerea imaginilor finale în scoarţa cerebrală.

Pentru fiecare poziţie a obiectului există aşadar o anumită poziţie a ochilor, care permite vederea clară a obiectului sub forma unei singure imagini. Cînd obiectul se depărtează, ochii se rotesc în afară; cînd obiectul se apropie, ochii se rotesc spre rădăcina nasului, astfel încît axele vizuale să se întîlnească mereu în punctul în care se află obiectul. Ceea ce înseamnă că stabilind poziţia ochilor unei persoane în timp ce priveşte un obiect, am putea determina exact distanţa la care se află obiectul privit.

Am văzut că, în triunghiul ABC, cu ajutorul căruia vrem să determinăm prin calcul distanţa pînă la un obiect, rolul laturii AB îl poate juca distanţa dintre cei doi ochi. Triunghiul se completează acum prin laturile AC şi BC care, după cum ne dăm seama, sînt tocmai axele vizuale. Unghiul B şi unghiul C sînt unghiurile făcute de axele vizuale cu distanţa BC dintre cei doi ochi.

Distanţa AB este constantă pentru fiecare om şi am putea spune că ea intră în miraculoasele calcule ale sistemului nervos ca o constantă, stabilită prin experienţă.

Unghiurile A şi B sînt, însă, variabile şi tocmai mărimea acestor unghiuri la un moment dat poate

informa creierul despre distanţa la care se află obiectul privit. Cum se măsoară aceste unghiuri şi cum ajung datele la sistemul nervos?

Iată-ne din nou, cititorule, în faţa unui admirabil mecanism de informare, de traducere a unor date obiective în termeni de energie nervoasă şi, respectiv, de oglindire subiectivă.

Muşchii, care se contractă şi se destind, astfel încît să aducă cei doi ochi în poziţia cea mai favorabilă pentru recepţionarea imaginilor, nu sînt numai simpli executori ai unor comenzi sosite de la centri din creier. Ei trimit, la rîndul lor, înapoi, spre centri mesaje despre poziţia în care se află clipă de clipă. Numai astfel e posibil un control exact şi neîntrerupt asupra mişcărilor realizate şi, deci, coordonarea perfectă a acţiunii celor doisprezece muşchi ai ochilor.

Dar aceste mesaje sosite de la cei doisprezece muşchi, sub formă de excitaţii kinestezice, nu constituie, oare, în acelaşi timp, date cu ajutorul cărora creierul este informat despre poziţia ochilor din momentul respectiv — adică date despre direcţia axelor vizuale?

Se înţelege că da.

Distanţa la care se află obiectul privit se traduce în termeni de excitaţii musculare recepţionate de sistemul nervos. Şi în acest caz activitatea creierului se dovedeşte a se desfăşura după principiul semnalizării: date importante pentru viaţa şi activitatea noastră, despre care nu avem posibilitatea să ne informăm direct, ne sînt semnalizate cu ajutorul unor alţi factori. Distanţa la care este situat un obiect este semnalizată creierului prin intermediul complexului de excitaţii kinestezice provenite de la muşchii globului ocular.

Am putea spune că fuzionarea imaginilor retiniene disparate serveşte numai semnalizării reliefului, iar mesajele kinestezice ale muşchilor globurilor oculare servesc numai semnalizării distanţelor la care sînt situate obiectele faţă de noi?

Evident că nu. În mod obișnuit, cele două procedee de semnalizare conlucrează, cooperează, izbutind să ne ofere un tablou al lumii înconjurătoare în care sezisăm, în același timp, într-o impresie unică, distanțele relative ale punctelor unui obiect, adică relieful, volumele, ca și distanțele absolute, cele care separă obiectele de noi.

Firește, e vorba aci de aprecierea subiectivă nemijlocită a distanțelor. Dar această apreciere nu e riguroasă. Oamenii au nevoie să obțină adeseori, în activitatea lor practică, informații mult mai precise despre diferite dimensiuni decît se pot obține prin simpla apreciere din ochi.

Pentru aceasta, însă, este necesară, în primul rînd, stabilirea unor unități de măsură admise de toată lumea, cu ajutorul cărora distanțele să poată fi exprimate.

Încă cu milenii în urmă au apărut, în istoria civilizației, asemenea unități de măsură. Palma, unghia, cotul, piciorul, brațul etc. au îndeplinit, în diferite locuri și în diferite timpuri, acest serviciu. La începutul secolului XIX se introduce sistemul metric, metrul devenind unitatea de măsură acceptată în cea mai mare parte a globului.

Totodată se perfecționează și instrumentele de măsurat necesare mai ales pentru spații foarte mici, unde erori oricît de mici sînt importante.

Împotriva tezei după care perceperea reliefului, a distanțelor se realizează prin cooperarea celor doi ochi, pare că se ridică, însă, o obiecție gravă.

Oare cu un singur ochi nu percepem relieful și distanțele? Dacă pentru a avea impresia de relief a obiectelor și a le vedea situate la diferite distanțe e nevoie să coopereze neapărat ambii ochi, atunci ar însemna ca, în clipa în care nu privim decît cu un ochi, relieful și distanțele să dispară ca prin farmec și lumea să ne apară turtită, plată, proiectată parcă pe un nesfîrșit ecran.

Așa este?

Să închid un ochi și să privesc cîteva clipe. Da, ceva parcă s-a întîmplat. Priveliștea începe să semene puțin a tablou. Contururile sînt parcă mai nete, mai fin trasate, în schimb impresia de relief și adîncime e parcă mai puțin vie, e oarecum sărăcită. Dar, totuși... cea de-a treia dimensiune a dispărut? Impresia e, oare, exact aceeași cu cea a unei fotografii? Nu, nu e așa.

Umbrele, perspectiva, felul în care se acoperă obiectele, toate izbutesc să-mi creeze o impresie de spațiu, mai săracă parcă, dar totuși o impresie de spațiu real.

Este evident, deci, că dacă vederea binoculară constituie un mijloc excelent pentru a furniza impresia reliefului real și aprecierea distanțelor, ea nu este, totuși, singurul mijloc, din moment ce, privind cu un singur ochi nu facem să dispară impresia de relief și cele văzute nu se prezintă întocmai ca o fotografie.

Mai sus am arătat că ceea ce ne permite să distingem un tablou, oricît de perfectă ar fi reproducerea, de o priveliște adevărată, este faptul că priveliștea oferă celor două retine imagini ușor deosebite, ceea ce tabloul nu este în stare să facă. Și mai susțineam că tocmai această deosebire dintre imaginile care iau parte la formarea imaginii unice este mijlocul principal de semnalizare a reliefului, creează impresia de relief și aduceam un argument deosebit de puternic: stereoscopul.

Dar, iată că se poate aduce această obiecție întemeiată: noi vedem relieful și cu un singur ochi — caz în care nu dispunem decît de o singură imagine, și, deci, nu poate fi vorba de participarea unor imagini deosebite la formarea impresiei de relief.

Nu avem, în cazul privirii cu un singur ochi, exact situația pe care o avem cînd privim o fotografie — o imagine plană — și cînd lipsește diferența imaginilor (lipsind relieful real)?

Iată, deci, că problema, care părea definitiv rezolvată, apare din nou parcă mai dificilă, cu date mai evident contradictorii.

Are, deci, vederea şi alte mijloace de informare asupra reliefului, în afară de suprapunerea imaginilor disparate (care se elimină la privirea cu un singur ochi), în afară de folosirea indicaţiilor furnizate de umbre, colorit, perspectivă, în afară de felul în care obiectele se acoperă (ceea ce poate reproduce şi fotografia)?

Ca să nu-l îndrum pe cititor pe o pistă greşită, trebuie să-i spun din capul locului că nu are alte mijloace de informare asupra reliefului.

Iată acum rezolvarea: contradicţia este aparentă. Comparaţia pe care o propuneam cititorului nu era destul de bine formulată.

De ce continuu să văd relieful şi distanţele privind cu un singur ochi? Pentru simplul motiv că umbrele, deosebirile de colorit, perspectiva etc., combinate, constituie şi ele mijloace care semnalizează, care vestesc prezenţa reliefului.

Şi e firesc să fie aşa din moment ce anumite jocuri de umbre, anumite schimbări de colorit sînt întotdeauna asociate cu un anumit relief al unui obiect (relief pe care adeseori am avut ocazia să-l cunoaştem şi direct prin pipăit, prin acţiunea noastră).

Impresia de relief real nu apare, după cum ştim, cînd privim un tablou cu ambii ochi. Dar ce s-ar întîmpla dacă am privi un tablou cu un singur ochi? Această întrebare noi n-am pus-o pînă acum. Ei, bine! Experienţa arată că dacă tabloul reproduce exact toate umbrele, toate nuanţele de colorit, dimensiunile în perspectivă etc., el dă impresia vie de relief real dacă e privit cu un singur ochi şi anume exact din poziţia din care l-a privit pictorul cînd l-a zugrăvit.

La Standul de Fiziologia senzaţiilor de la Palatul Descoperirilor (1937), din Paris, a fost expusă o pictură a doctorului Tastevin, înfăţişînd o cutie cu chibrituri în care toate, absolut toate detaliile au fost reproduse. Privind nemişcat tabloul cu un singur ochi, dintr-o poziţie potrivită, relieful cutiei şi al chibriturilor apărea surprinzător.

Dar în momentul în care privitorul deschidea şi cel de-al doilea ochi, relieful dispărea ca prin farmec. De ce?

Pentru motivul că în acest caz relieful real lipsind, imaginile formate pe retine şi suprapuse în scoarţă sînt identice. Or, tocmai această *identitate* a imaginilor obţinute cu cei doi ochi dezvăluie situaţia reală, absenţa reliefului, lucru pe care un singur ochi nemişcat nu putea să-l dezvăluie.

Iată, deci, de ce un tablou, un film, o fotografie nu pot da decît o impresie de relief imitat. Nu atît pentru că jocul de umbre, coloritul, perspectiva n-ar fi în stare singure să producă impresia reliefului real, cît pentru motivul că tot ceea ce aceste mijloace se străduiesc să creeze este subminat de vederea cu ambii ochi care, prin identitatea imaginilor retiniene, dezvăluie imitaţia, faptul că imaginea e de fapt plană (căci oferă aceeaşi înfăţişare celor doi ochi, care o privesc din poziţii diferite).

Impresia de relief creată de pictura doctorului Tastevin dispărea şi atunci cînd, continuînd să fie privită cu un singur ochi, privitorul îşi mişca, într-o parte sau în alta, capul. Şi era firesc să fie aşa. Dacă obiectul ar fi fost cu adevărat în relief, ar fi trebuit ca ochiul să prindă, din poziţii deosebite, imagini deosebite. Ceea ce nu se întîmpla. Imaginea rămînînd aceeaşi la deplasarea capului, faptul acesta trăda imediat privirii imitaţia, absenţa reliefului real.

Pe de altă parte, însă, astfel de mişcări laterale rapide ale capului pot înlocui vederea binoculară în aprecierea reliefului şi mai ales a distanţelor, la oamenii cu un singur ochi sau la animalele la care ochii funcţionează relativ separat. Triunghiul despre care am vorbit mai sus, necesar în aprecierea distanţelor a cărui bază este constituită de distanţa dintre ochi în cazul vederii binoculare, se formează de asemenea şi în cazul privirii cu un singur ochi, baza fiind însă formată, aici, de distanţa dintre poziţiile succesive ale aceluiaşi ochi.

Un alt mijloc pentru aprecierea distanţelor numai cu un ochi este fenomenul acomodării.

Se ştie că lentila vie, care este cristalinul, izbuteşte să trimită imaginea unui obiect exact pe retină, indiferent de distanţa la care se află obiectul. Acest lucru este posibil datorită acomodării. La multe animale acomodarea se face prin apropierea sau depărtarea cristalinului de retină, la animalele superioare şi la om prin schimbarea curburii cristalinului.

Fie că e vorba de un procedeu, fie că e vorba de celălalt, există întotdeauna anumiţi muşchi care, prin încordarea lor mai mare sau mai mică, sub comanda sistemului nervos, schimbă distanţa cristalinului de retină sau îi schimbă curbura. Fenomenul acesta se realizează automat, reflex. Mutîndu-ne privirea de pe un obiect depărtat pe unul apropiat — sau invers — imaginea nu va mai fi proiectată perfect pe retină şi obiectul privit ar apărea neclar, ca prin ceaţă. Însăşi această neprecizie a imaginii excită anumiţi centri nervoşi care comandă muşchii cristalinului şi spre aceşti muşchi pornesc comenzi de încordare sau destindere, exact cît este necesar pentru ca aparatul să fie „pus la punct", pentru ca imaginea să se proiecteze perfect pe retină şi obiectul să fie văzut cu trăsături clare, nete. Aceasta înseamnă că există o anumită legătură între distanţa la care se află obiectul privit şi gradul de încordare al muşchiului cristalinului (muşchiul ciliar). Scoarţa cerebrală primind mesajul despre contracţia muşchiului ciliar este astfel informată despre distanţa la care se află obiectul. Persoana care priveşte poate aprecia şi cu acest mijloc, privind deci numai cu un singur ochi, distanţa la care se află obiectul. Din păcate, acomodarea nu foloseşte decît la aprecierea distanţelor mici — cîţiva metri — şi oferă repere mai puţin sigure.

Ţinînd în fiecare mînă cîte un creion şi încercînd să le apropiem vîrfurile, nu vom izbuti decît după mai multe încercări, în cazul în care privim cu un singur ochi.

Dacă cineva lasă să cadă un obiect mic — un bob de mazăre, o pietricică etc. — pe lîngă un fir de aţă întins, noi nu vom putea spune, privind cu un singur ochi, dacă obiectul a căzut înaintea sau îndărătul firului.

Privirea numai cu un singur ochi nu desfiinţează impresia de relief şi de distanţă, pentru că nu desfiinţează o sumedenie de mijloace prin care relieful şi distanţele sînt semnalizate. Dar vederea binoculară oferă mijloace în plus, mai sigure, mai exacte, pentru aprecierea reliefului, volumelor, distanţelor.

Cititorule, poate că ai ostenit urmîndu-mă pe cărările întortocheate pe care te-am ademenit.

Am încercat să-ţi fac cunoscute cîteva din minunatele şi atît de complicatele mecanisme prin care cunoaşterea noastră se realizează. Ceea ce-ţi apărea înainte simplu şi de la sine înţeles — tocmai datorită perfecţiunii cu care se desfăşoară — a început să-şi dezvăluie tainele.

Cea de-a treia dimensiune a spaţiului! Ce procedee ingenioase a trebuit să născocească natura în veşnica ei creaţie, pentru ca cea de-a treia dimensiune să ajungă nealterată în cunoaşterea noastră, în reflectarea noastră subiectivă.

Şi înţelegînd procesul reflectării reliefului şi distanţei, ţi-ai spus foarte mulţumit: cam întortocheate căi, dar bine că s-a lămurit.

Totuşi, o bucată de drum te mai aşteaptă. Nu cea mai grea. Poate chiar o plimbare plăcută şi odihnitoare.

Priveşte, de pildă, piatra aceasta. Nu, nu te apropia. Priveşte-o numai. E un obiect solid, rezistent, sau e o substanţă moale?

Dacă glumesc? Nu glumesc.

Sigur că e un obiect solid! E doar o piatră! Ai putea, strîngîndu-o în mînă, s-o strivești? Nu, imposibil. Dar suprafaţa ei cum ţi-apare? E catifelată ca o petală, sau, dimpotrivă, aspră, zgrunţuroasă? Se vede cît de colo cît e de zgrunţuroasă!

Așadar, despre obiectul acela dumneata afirmi că e un obiect solid, rezistent și cu suprafața aspră. De unde știi toate acestea ? Firește pentru că-l vezi.

Dar... ia să ne gîndim puțin: duritatea și netezimea unui obiect sînt proprietăți care s-ar putea dezvălui direct privirii, așa cum se dezvăluie culoarea?

Nu. Senzațiile de tare, de solid, de rezistent, ca și senzațiile opuse, de moale, de vîscos sau de lichid, senzațiile de aspru sau de neted sînt, toate, senzații care se nasc din contactul direct cu mîna noastră, cu pielea corpului nostru — organul receptor al pipăitului.

Simpla atingere n-ar fi suficientă pentru a ne informa asupra tuturor acestor însușiri ale obiectelor. Contactul simplu cu pielea ne dă numai senzații de atingere, de apăsare, de înțepare, de temperatură, sau de durere. Pentru a ne da, însă, seama dacă un obiect e neted sau aspru, trebuie să plimbăm mîna pe suprafața lui. Pentru a ne da seama dacă un obiect e moale sau tare, trebuie să-l apăsăm, să încercăm să-l strîngem. Aceasta înseamnă că facem să intervină încă un analizator, încă un simț și anume simțul muscular. Rezistența mai mică sau mai mare pe care o întîmpinăm, încercînd să apăsăm sau să strîngem un obiect, dă naștere unor senzații musculare caracteristice. Aceste senzații, întovărășite strîns cu cele de atingere și apăsare formează impresia finală de tărie sau moliciune a obiectului sau substanței respective.

Atunci, ce mă face pe mine să spun despre o piatră, despre o bucată de fier sau de lemn, că e tare, înainte de a pune mîna pe ea, numai văzînd-o? Poate că fac un raționament. „A! obiectul acela e o piatră. Pietrele sînt tari, deci și obiectul acela e tare".

Ba, nicidecum. Dacă văd prăvălindu-se de sus un bolovan, nu stau de loc la gînduri, n-am nevoie de nici un raționament ca să mă dau îndată de o parte, ferindu-mă de primejdie. Nici o clipă nu se strecoară îndoiala că obiectul cu aspect de bolovan ar putea fi, din întîmplare, moale. El își dezvăluie privirii mele, odată cu forma și culoarea sa, și rezistența, tăria.

Aşadar, e posibil *să văd* tăria, duritatea obiectelor, aşa cum le văd culoarea?

Iată-mă pus puţin în încurcătură.

Da şi nu.

Senzaţiile de tare sau de moale, de aspru sau de neted sînt, prin originea lor, senzaţii de contact, senzaţii căpătate prin atingerea şi apăsarea directă a obiectului. Sub forma acestor impresii musculare şi tactile se dezvăluie, întîi, calităţi ca duritatea sau asperitatea.

Dar se petrece aici un fenomen extrem de interesant. Impresia mea că *văd* tăria obiectului sau fineţea suprafeţei sale nu e o simplă închipuire. De nenumărate ori am avut în mînă, în timp ce le vedeam, fierul sau lemnul, piatra sau sticla, frunza sau hîrtia, cauciucul sau pînza. Între diferitele însuşiri vizibile ale acestor obiecte (culoarea, luciul, forma, regularitatea suprafeţei, fibrozitatea, aspectul grăunţos etc.) şi însuşirile de contact (tăria, moliciunea, netezimea, asprimea etc.) s-a stabilit o atît de intimă îngemănare, încît e destul să vezi obiectul cunoscut pentru ca să ai şi impresia soliditătii, a rezistenţei sale.

Avem de-a face cu un adevărat aliaj de senzaţii din care e destul de greu să mai desparţi ce ţine propriu-zis de văz şi ce ţine propriu-zis de atingere şi apăsare.

Am putea spune că stadiul acesta superior de cunoaştere a lumii sub formă de obiecte, de lucruri cu formă şi soliditate (mai mică sau mai mare), sub formă de substanţe ocupînd un loc în spaţiu, exterioare nouă şi opunînd o anumită rezistenţă acţiunilor noastre, stadiul acesta de obiectivare a senzaţiilor a devenit posibil numai atunci cînd cele două mari izvoare ale cunoaşterii, tactul şi văzul, s-au unit într-un ansamblu unic de informaţii.

Datorită acestui aliaj de senzaţii putem spune că vedem obiectele *ca obiecte*, nu ca simple zugrăveli în culori, nu ca simple plăsmuiri de fum, ci ca *lucruri* cu un anumit volum, cu o anumită putere de rezistenţă faţă de acţiunile din afară.

Oare relieful, pe care dubla vedere mi-l semnalizează, nu cuprinde în sine și impresia de obiect pipăit, mîngîiat, apucat?

Oare distanța, pe care tot dubla vedere cuprinzînd și senzațiile de încordare ale mușchilor oculari ne-o semnalizează, nu se bizuie pe o experiență directă, pe experiența unor distanțe parcurse — numai cu mîna, dacă e vorba de distanțe mici, sau parcurse în mers, dacă e vorba de distanțe mai mari?

Vederea binoculară (cu doi ochi) a oferit creierului excelente repere pentru semnalizarea distanțelor, a volumelor, într-un cuvînt a celei de-a treia dimensiuni, numai în măsura în care această a treia dimensiune a putut fi cucerită întîi direct, practic, de acțiunea ființei vii, prin deplasarea ei, prin mișcarea ei, prin apucarea diferitelor obiecte întîlnite.

Cucerirea celei de-a treia dimensiuni, cucerirea spațiului n-a putut fi nici numai fapt de cunoaștere, nici numai fapt de mișcare, de acțiune. Distanțele parcurse, rezistențele întîlnite au devenit, la un moment dat, distanțe și rezistențe semnalizate, cunoscute, adică distanțe și rezistențe ce se prezintă virtual, ca fapte de cunoaștere, înainte de a se cheltui efortul real pentru învingerea lor.

Ceea ce înseamnă că în această acțiune de reflectare a lumii externe, în care obiectele își dezvăluie realitatea lor spațială, văzul și tactul s-au bizuit necontenit pe mesajele musculare. Mușchii, funcționînd în același timp ca organe de acțiune și organe de cunoaștere, reprezintă mijlocul prim, fundamental, cel mai direct prin care forma, rezistența, spațiul, se dezvăluie simțirii. Efortul cheltuit este prima măsură a distanțelor parcurse, a rezistențelor întîlnite.

In operația de reconstituire a imaginii spațiale, tridimensionale a obiectelor din lumea înconjurătoare, creierul folosește intima fuziune dintre văz și tact spre a obține semnalizarea cît mai exactă a eforturilor care ar fi cerute pentru parcurgerea distanțelor și învingerea rezistențelor.

Văzul şi tactul, colaborînd şi folosind şi mesajele muşchilor, izbutesc, pe baza experienţei practice, să reconstituie imaginea spaţiului nostru tridimensional.

Dar auzul? Pentru auz nu există spaţiu? Adevărul e că şi pe calea auzului obţinem informaţii spaţiale, e drept, mult, mult mai vagi, mai neprecise decît cele obţinute de tact şi mai ales de văz.

Noi ne dăm seama, fără ajutorul vederii, dacă se vorbeşte mai aproape sau mai departe, dacă paşii cuiva se apropie sau se depărtează. In cazul văzului, se poate aprecia cu aproximaţie distanţa la care e situat un obiect, chiar dacă acest obiect e necunoscut. In cazul auzului, acest lucru, însă, nu mai e posibil. Noi apreciem depărtarea de la care ne vine sunetul după intensitatea cu care-l percepem, confruntînd intensitatea sunetului perceput, în momentul respectiv, cu intensitatea sunetului produs de acelaşi obiect atunci cînd se află în imediata noastră vecinătate. Interesant este, însă, faptul că aceste variaţii de intensitate ne dau nemijlocit impresia de distanţă. Cu alte cuvinte, noi distingem foarte bine cazul cînd se vorbeşte lîngă noi, în şoaptă, de cazul cînd se vorbeşte cu glas tare, însă departe. Sunetul auzit slab nu ne apare numai slab, ci şi, în mod nemijlocit, ca depărtat. Bineînţeles e vorba, cum spuneam, de sunete cunoscute. Impresia de depărtat se naşte direct, fără vreun calcul de-al nostru.

Dar depărtarea nu schimbă numai intensitatea, ci şi alte aspecte ale sunetului. Se schimbă şi timbrul: sunetul complex soseşte, de departe, sărăcit de unele din componentele sale. Nuanţele se estompează.

Prin experienţa noastră practică, am învăţat astfel să apreciem, cu aproximaţie, distanţa de la care sunetele auzite sînt emise, învăţînd să interpretăm nemijlocit schimbările intervenite în calităţile sunetului ca efecte, ca semnale ale depărtării.

Se înţelege că informaţiile spaţiale pe care le avem pe calea auzului se clădesc mai ales pe cunoaşterea

mult mai amplă, mai clară, mai sigură a spațiului cu ajutorul văzului.

Dar distingem nu numai depărtarea de la care ne vine sunetul. Impresia spațială e mai completă. Noi auzim sunetul venind dintr-o anumită direcție — de la dreapta, de la stînga, din față etc.

Cum se explică această capacitate de localizare a sursei sunetelor? Unda sonoră, adică șirul de variații ale presiunilor aerului, pătrunzînd în ureche, poartă cu sine pecetea direcției din care a sosit? Sub ce formă este imprimată această pecete?

Adevărul este că unda sonoră n-are cum să transmită timpanului indicații privitoare la direcția din care sosește.

In cazul văzului, lucrurile nu stau așa. Cînd obiectul ocupă diferite poziții în fața celui care privește, imaginea va ocupa și ea pe retină diferite poziții. Sau, dacă urmărim obiectul cu privirea, poziția ochilor în orbite va fi cea care se va schimba. In ambele cazuri, scoarța cerebrală este informată despre poziția obiectului în raport cu noi.

Dar în cazul auzului? Pătrunde unda sonoră în ureche într-un fel cînd vine din dreapta și altfel cînd vine din stînga?

Chiar dacă ar fi ușoare modificări de intensitate, cum ar putea fi acestea deosebite de modificările produse de depărtare?

Cunoașterea s-a descurcat și în această situație și auzul a izbutit să rezolve problema. A servit la aceasta faptul că dispunem de două urechi, de două căi de recepționare a mesajelor auditive.

Cînd un sunet se produce lateral — la dreapta sau la stînga noastră — vor exista deosebiri în ceea ce privește modul în care sunetul este recepționat cu fiecare din cele două urechi.

Aceste deosebiri pot fi în privința intensității cu care sunetele sînt primite de cele două organe ale auzului sau în privința momentului în care sunetele ajung la fiecare din cele două organe ale auzului.

Să presupunem că un sunet se produce la stînga noastră. Calea vibrațiilor de la sursa sunetului la urechea stîngă este mai scurtă, mai directă, decît calea care duce de la sursa sunetului la urechea dreaptă. Capul nostru „face umbră" undelor sonore, împiedicîndu-le să ajungă direct la urechea dreaptă.

Efectul este că, pe de o parte, sunetul este recepționat ceva mai slab de urechea dreaptă, iar pe de altă parte, că este recepționat ceva mai tîrziu. Or, tocmai aceste diferențe le interpretează creierul ca semnale ale direcției din care sunetul provine.

50. Experiență demonstrînd fenomenul localizării spațiale a sursei sunetului.

S-a pus problema: pe care din aceste diferențe se bizuie de fapt analizatorul nostru auditiv, pe diferența de intensitate sau pe cea de timp? Și cercetările au dovedit că ambele diferențe sînt luate în considerație de creier.

In mod experimental, cele două efecte au putut fi separate. Persoanei cu care se experimentează i se aplică pe urechi niște receptoare telefonice care transmit un sunet provenit de la același microfon. Cu ajutorul unui potențiometru se poate obține o variație foarte fină a intensității cu care sunetul ajunge la una din urechi. In această experiență, avem, deci, numai deosebiri de intensitate, nu și de moment de sosire a sunetelor.

Și, într-adevăr, persoana de experimentare arată că aude sunetul dintr-o direcție sau alta, în raport cu urechea căreia receptorul telefonic îi transmite sunetul mai intens. Cînd sunetele ajung la urechi cu exact aceeași intensitate, persoana are impresia că sunetul vine din față. Cu cît e mai mare diferența, cu atît este

localizată mai lateral sursa sunetului — înspre partea urechii care primește sunetul mai intens. E vorba, evident, de diferențe foarte mici.

Pentru a se dovedi că și întîrzierea contează, s-a folosit un aparat ca cel din fig. 50. Tubul din dreapta este mai lung și astfel sunetul ajunge pe această cale cu o mică întîrziere. S-au folosit, de asemenea, receptoare telefonice aplicate pe urechi. Cu ajutorul unui dispozitiv special se produceau, la intervale extrem de scurte, zgomote de scurtă durată, de aceeași intensitate, în cele două receptoare telefonice.

S-a dovedit că sunetul pare să vină, într-adevăr, dinspre partea din care este recepționat ceva mai devreme. Dar diferențele de timp pe care se bizuie auzul sînt neînchipuit de mici: a suta mia parte dintr-o secundă. Iar cu persoane exersate se merge pînă la a milioana parte dintr-o secundă!

Pentru cunoașterea noastră, acestea sînt doar cifre, nu diferențe de timp de care ne dăm seama nemijlocit, diferențe de timp sezisate, oglindite subiectiv ca atare, ca diferențe de timp. Dar admirabilul nostru sistem nervos găsește mijloace de a utiliza și asemenea diferențe pentru o mai bună orientare în spațiu, servindu-ne nouă, ca produs final, în oglindire subiectivă, impresia de spațialitate, de localizare în spațiu, izbutind, deci, să reconstituie, pînă la urmă, imaginea faptului obiectiv, a spațiului, chiar din date temporale.

Felul în care procedează auzul, în reconstituirea imaginii spațiului, este asemănător cu felul în care procedează vederea : suprapunerea a două impresii ușor diferite (diferența fiind tocmai efectul caracterului spațial al obiectelor și fenomenelor din lumea înconjurătoare) reproduce, reconstituie tocmai imaginea spațiului tridimensional, a volumului, a reliefului.

Dacă acesta este unicul mijloc de localizare a sursei sunetului de care dispune auzul, atunci înseamnă că schimbările de poziție ale sursei sunetului, care nu duc la diferențe de intensitate sau de timp, nu vor fi înregistrate cu ajutorul auzului.

Există, oare, cazuri în care punctul din care pornește sunetul să-și schimbe locul fără ca aceasta să ducă la schimbări în privința modului în care cele două urechi recepționează sunetele?

Evident că există: este vorba de deplasări care se fac vertical,în sus, în jos. Cînd instrumentul care produce sunetul se mută mai sus sau mai jos, el nu se apropie mai mult de o ureche depărtîndu-se de cealaltă.

Și într-adevăr, noi nu putem stabili în plan vertical, numai cu ajutorul auzului, din ce direcție ne vine sunetul. Putem spune dacă vine din dreapta, din stînga, din față. Putem chiar preciza (cu o aproximație de cîteva grade), direcția din care vine sunetul—dar numai în plan orizontal: ceva mai la dreapta, ceva mai în față etc. Dar este imposibil să ne dăm seama dacă sunetul vine de sus sau de jos, dintr-un punct situat deasupra noastră sau dintr-un punct situat mai jos de noi.

In realitate, chiar și pentru precizarea direcției în plan orizontal, noi nu ne mulțumim, de obicei, cu impresia primă născută din fuzionarea informațiilor ușor diferite ale celor două urechi.

Această impresie primă ne determină ca, automat, să întoarcem capul înspre partea din care pare să vină sunetul și rotirea capului se oprește în momentul în care sunetul se aude cel mai bine. Aceasta se întîmplă atunci cînd capul a ajuns să ocupe o astfel de poziție, încît sursa sunetului să ajungă în planul de mijloc al capului, adică cele două urechi să recepționeze sunetul cu aceeași intensitate și fără diferențe în timpul de sosire a undelor.

Este vorba, deci, de o explorare activă prin rotirea capului, realizată în mare măsură prin mecanisme reflexe, înnăscute, situate în creierul mijlociu, explorare care ne ajută să stabilim direcția din care vine sunetul.

Pentru omul care se poate folosi de văz, orientarea în spațiu cu ajutorul sunetelor nu joacă un rol de prim ordin. Spațiul sunetelor (distanțe, direcții, volum) este de fapt același spațiu pe care, direct și mult mai

amplu, îl cunoaștem cu ajutorul văzului. Informațiile despre spațiu obținute prin auz, nu sînt decît indicații pe care noi ni le traducem în imagini vizuale ale spațiului.

Atunci cînd, dintr-un motiv oarecare, văzul și auzul intră în contradicție în ceea ce privește localizarea în spațiu a izvorului sunetului, văzul iese biruitor, chiar dacă auzul are dreptate.

Nu ne îndoim nici o clipă, la cinematograf, că sunetele glasului persoanei, care vorbește sau cîntă, pornesc chiar din locul în care, pe ecran, se proiectează gura acelei persoane. In realitate, după cum știm, sunetul vine din difuzorul așezat undeva, în apropierea ecranului.

Aceasta pentru că spațiul ni se prezintă nouă, în cunoașterea noastră, în primul rînd ca un *spațiu văzut*. Reflectarea vizuală a spațiului este cea mai convenabilă și pentru mișcările noastre, pentru acțiunile noastre practice, datorită marilor ei calități: cuprinderea, dintr-odată, a unor imense întinderi, viteza maximă de informare, excepționala precizie și capacitate de distingere. E vorba, în esență, de superioritatea soliei luminoase față de cea sonoră și față de toate celelalte solii ale lumii pe care organismul a învățat să le descifreze.

INFORMAȚII SCHIMBĂTOARE, IMAGINI STABILE

Incerc să deschid ochii, dar parcă pleoapele îmi sînt lipite. Vreau să mă mișc, dar nu izbutesc. Ceva mă trage în negura unei ameteli, ca spre adîncul unor ape fără fund.

In sfîrșit, izbutesc să-mi întredeschid pleoapele grele ca plumbul. Mă frec la ochi, îmi scutur capul

încercînd să mă dezmeticesc. Unde sînt? Ce oră o fi? Şi parcă iarăşi mă acoperă valurile grele care-mi întunecă înţelegerea.

Un scaun... O masă... Ceva mai departe... Dar ce-o fi asta? Un dulăpior mic ca de păpuşi. Tare drăguţ, dar mic ca o jucărie. Parcă mi-e cunoscut. Trei uşi, lat... Seamănă leit cu dulapul meu de haine, dar nu-i decît o miniatură a lui. Şi culoarea e cam curioasă. Nu, nu-i culoarea dulapului meu. Al meu e un castaniu-roşcat, deschis, şi mititelul acesta e aproape negru. O! Dar ia uite ce scăunel! Cît un degetar! Şi în spatele lui unul şi mai mic. Dar ce forme curioase au! Un picior mai lung, altul mai scurt. Speteaza îngustă în formă de trapez turtit. Numai un tîmplar nebun putea să fabrice asemenea jucării schimonosite.

Mă ridic şi arunc ochii pe fereastră. Vai, dar ce privelişte minunată! Parcă sînt un uriaş, stăpînind prin imensa lui făptură o lume de minuscule arătări.

Nenumărate căsuţe cît gămăliile de chibrituri, pomişori cu tulpini şi coroane încărcate cu frunziş dar nu mai mari decît literele din ziar, stîlpi de telegraf ca nişte beţişoare delicate...

Lucrul cel mai minunat se întîmplă, însă, cu oamenii şi automobilele care trec pe stradă. De după colţ se arată ceva mic, mic de tot, mai mic decît un grăunte de nisip. Dar această făptură nu rămîne aşa. O vezi cum creşte, se umflă, se dublează, se triplează, se înzeceşte. E un om, ca toţi oamenii, dar, pe măsură ce se apropie, dimensiunile sale cresc necontenit de parcă ar fi făcut dintr-o substanţă nemaipomenit de elastică şi o pompă nevăzută l-ar umfla mereu. Omul a trecut prin dreptul ferestrei mele. În clipa aceea atinsese dimensiunea maximă. Apoi a început să scadă, să se micşoreze tot aşa de repede cum se umflase. Pe măsură ce se depărtează, omuleţul se strînge, se contractă, de parcă acum ar da afară tot aerul cu care fusese umflat. Ajunge la jumătate, la un sfert, la o zecime, cît un bob de grîu, o gămălie de ac, un grăunte de nisip, un fir de praf...

Și nu numai cu un singur omuleț s-au petrecut cele arătate. Toate aceste păpuși-oameni pe care le văd mergînd pe stradă, se umflă și se micșorează neîncetat. La fel se întîmplă cu vehiculele care trec. Automobile, camioane, trăsuri, nimic nu-și păstrează, nici o clipă, mărimea. Cînd sînt mari cît cutiile de încălțăminte, cînd ajung cît o gumă de șters sau și mai mici.

Dar și formele lor nu sînt de loc stabile. Îți vine să te prăpădești de rîs văzînd cum se turtesc, se lățesc, se lungesc, se scurtează.

Și ce mai jocuri de culori! Vezi o casă cu un perete alb și altul cenușiu, aproape negru. Stîlpii sînt pe o parte spoiți cu alb spălăcit și pe alta cu negru cum e catranul. În același copac unele frunze sînt de un verde-gălbui deschis, aproape albicios, altele sînt cenușii și altele aproape negre.

Unde mă aflu oare? În ce lume de basm m-a depus somnul meu de plumb?

Imi venea să sar pe fereastră și să alerg după toate acele gîngănii miraculoase care aduceau mai mult cu niște caricaturi însuflețite, cu desenele animate de la cinematograf decît cu lucruri și ființe adevărate.

Continuam să dorm oare? Nu izbutisem să mă smulg din năclăiala unui somn de plumb?

Un zgomot, o izbitură. Apoi o undă de aer rece, stropi de ploaie. Lumina zilei! Sînt în cameră la mine. Toate sînt la locul lor. Vîntul a împins ferestrele și le-a deschis, aducînd cu sine și stropi înviorători de ploaie.

Masa, scaunul, dulapul meu de haine așa cum îl știam, vechiul meu dulap de haine cu frumoasa lui culoare castanie. Cele două scaune din fundul camerei... Scaune, ca toate scaunele și nu niște jucărele strîmbe.

Mi-arunc ochii pe fereastră. Unde e lumea de desene animate? Oamenii pășesc liniștiți, nu se umflă și nu se micșorează, nu se boțesc și nu se turtesc. Automobilele nu se dilată și nu se contractă. Fiecare lucru și-a reluat forma lui obișnuită, culoarea lui obișnuită, mărimea lui obișnuită.

Mă aflu iar în lumea mea, o lume familiară, prea bine cunoscută, în care te poți bizui pe ce ai văzut, pe ce vezi. Am visat, deci? Pesemne...

O, dar ce aud? E un glas aievea sau glasul închipuirii mele?

— „Crezi c-ai visat? șoptește glasul, chicotind batjocoritor. N-ai visat, sărmane! Ai avut norocul să scapi o clipă de înșelătorul văl care-ți acoperă vederea. O clipă ai izbutit să vezi lumea în adevărata ei înfățișare și să afli ce se ascunde îndărătul fantasmelor pe care propria ta minte le plăsmuiește.

Cînd mici, cînd mari, umflate sau turtite, strîmbe, boțite, schimonosite, vopsite în culori fără noimă, așa ți-au apărut o clipă lucrurile? Așa sînt ele. Ăsta e sufletul lor adevărat. Acum ți-apar statornice în înfățișarea și mărimea lor? Află că *acum* visezi. Acum ești pradă nălucirilor.

Eu, Jumătate-om-de-știință-jumătate-filozof, voi sfîșia vălul care-ți întunecă limpezimea vederii, care-ți îngreunează înțelegerea lucrurilor!

Iată... începem! Uită tot ce știi, tot ce-ai învățat, tot ce-ai aflat despre lucrurile care te înconjoară. Încrede-te numai în simțurile tale, în ceea ce proprii tăi ochi îți spun.

Îți vine greu? Ha! Ha! Ha! Ești vrăjit, prietene, cumplită vrajă. Te voi ajuta!..."

Glasul tăcu. Mă străduiam să-i urmez sfatul și să desprind din cele ce vedeam „adevărata înfățișare a lucrurilor", cum îi spunea dascălul meu.

— „Ce ai în mînă"? se auzi din nou glasul. (În mînă țineam creionul, cum fac de obicei cînd mă gîndesc la ceva).

— „Ridică-l înaintea ochiului drept și închide stîngul. Acum compară creionul cu copacii pe care-i vezi prin fereastră, cu casele, cu trecătorii. Iată copacul acela... cît e de mare?"

Compar. Copacul nu trece de un sfert din creionul meu. Dar cel de pe strada vecină? Numai atît? Cît vîrful creionului? Dar blocul înalt cu șase etaje care

răsare, la cîteva sute de metri, dintre clădirile mai mărunte? Doamne, cît e de mic! Nici el nu e mai mare decît vîrful creionului. Nu mai vorbesc de trecătorii care au ghinionul să apară în capul străzii. Bieții de ei... O jumătate, un sfert din vîrful creionului meu.

Ce-o fi asta? Las creionul deoparte și privesc din nou. Nu, sigur, mă înșelasem. Creionul meu n-are decît cîțiva centimetri cu totul, în timp ce pomii, casele, stîlpii sînt obiecte incomparabil mai mari. Clădirea aceea de-acolo să fie cît vîrful creionului? Mă uit la creion, mă uit la clădire. Nu se poate! Incerc iar. Așez creionul în dreptul unui ochi, îl închid pe celălalt ca să am imagini clare. Compar: vîrful creionului, clădirea... Formidabil! Vîrful creionului meu e mai mare decît clădirea cu șase etaje.

— „Ha! Ha! Ha! rîde victorios spiridușul meu, Jumătate-om-de-știință-jumătate-filozof. Ei, cine a avut dreptate? Iată, ai măsurat, ai comparat cît ai vrut. Acum te-ai convins?".

— „Bine, răspund eu, gata să mă dau bătut. Dar de ce, atunci cînd dau creionul deoparte, creionul mi-apare iar mic și clădirea iar mare?"

— „Ei, naivule, pentru că lucrează vraja, nu ți-am spus? Numai cînd așezi creionul în dreptul ochiului, poți cuprinde cu aceeași privire și creionul și clădirea și atunci nu mai ai cum să te înșeli.

Iată, îl vezi pe trecătorul care se apropie? Ți se pare că dimensiunile lui rămîn neschimbate, nu? Ei, mai încearcă cu metoda mea anti-vrajă."

Intr-adevăr, ținînd creionul în dreptul ochiului și privind, comparativ cu vîrful, persoana care se apropia, căpătam impresia clară că dimensiunile ei cresc neîncetat.

De îndată ce dam creionul deoparte, impresia aceasta înceta.

— „De ce te miri? continuă învățătorul meu să-și expună părerile. Știi doar puțină fizică. Că știi cum funcționează ochiul, nu mă îndoiesc. Doar te-ai apucat să-i înveți și pe alții în cartea pe care o scrii.

Imaginea unui obiect pe care o proiectează o lentilă pe un ecran e invers proporțională cu distanța la care se află obiectul față de lentilă. Toată lumea știe asta. Cu cît e mai departe obiectul, cu atît e imaginea formată mai mică. Și invers, cu cît e mai aproape obiectul, cu atît e mai mare imaginea formată. Din moment ce cristalinul funcționează ca o lentilă, se înțelege că și cu imaginile formate pe retină se va întîmpla la fel. Dacă ții creionul la o distanță de 20 centimetri de ochi, iar clădirea se află la o distanță de 200 metri de ochi, raportul distanțelor lor e de 1/1000. Imaginea de pe retină a clădirii va fi de o mie de ori mai mult micșorată decît imaginea de pe retină a creionului. Ce te mai miri atunci că nu întrece clădirea vîrful creionului?

Cînd trecătorii se apropie sau se depărtează, imaginile lor cresc sau descresc, potrivit cu schimbarea neîncetată a distanțelor.

Și formele imaginilor de pe retină se schimbă neîncetat, potrivit cu poziția obiectelor. Un cerc se proiectează ca o elipsă, un dreptunghi se proiectează ca un trapez, dacă planurile lor nu sînt paralele cu planul retinelor.

Și apoi, culoarea. Cum ar putea să rămînă neschimbată culoarea imaginii formate pe retină? Imaginea formată pe retină are culoarea și intensitatea razelor ce pornesc de la obiectul respectiv. Obiectul nu este, însă, un izvor de lumină. El nu face decît să reflecte, să restituie o parte din lumina care cade pe el. Aceeași foaie de hîrtie poate să formeze pe retină o pată a cărei culoare să varieze de la alb la negru, în raport cu puterea cu care hîrtia însăși este luminată. Tot aceeași foaie de hîrtie poate să dea pe retină o imagine de orice culoare, potrivit cu lungimea de undă a radiațiilor primite (cu culoarea luminii).

Și cum într-o încăpere sau chiar pe stradă același obiect poate fi situat în locuri mai mult sau mai puțin luminate, poate primi lumini de diverse culori datorită unui abajur sau culorii pereților etc., același obiect

va trimite retinei o imagine mai luminoasă sau mai cenușie, mai roșietică sau mai verzuie, mai gălbuie sau mai azurie..."

...Oare mai vorbea iscusitul meu învățător sau erau propriile mele gînduri care-și urmau cursul? Ce importanță avea. Așa era. Lucrurile erau perfect adevărate.

Imaginile formate pe retină *de același obiect* își schimbă neîncetat dimensiunile, forma și culoarea. Deci și creierul va primi — trimise de retină — imagini necontenit schimbătoare provenite de la același obiect. Potrivit acestui fenomen, lumea ar trebui să-mi apară, într-adevăr, așa cum mi-apăruse în momentul visului meu (sau cum susținea Jumătate-om-de-știință-jumătate-filozof, în momentul în care se destrămase vraja: cu culori, forme și dimensiuni de-o ametitoare nestatornicie).

Și atunci problema cea mare era aceasta: cum se face că, totuși, un obiect mi-apare cu o înfățișare relativ constantă, din moment ce retina, și deci și creierul primesc despre el informații schimbătoare?

Să accept ce-mi șoptește la ureche spiridușul meu? Să admit că stabilitatea înfățișării lucrurilor care mă înconjoară nu este decît rezultatul unei vrăji, al unei năluciri și să socotesc ca adevărate înfățișările schimbătoare ale lucrurilor?

Nu am motiv să procedez astfel. Înțeleg foarte clar cum e posibil ca o lentilă să proiecteze pe un ecran imagini variind ca mărime, formă și culoare ale aceluiași obiect. Așa încît n-aș avea nici un motiv să afirm că, din moment ce imaginea se schimbă, obiectul el însuși e altul (cum caută să mă învețe spiridușul).

Și mai înțeleg încă un lucru. Dacă ar fi trebuit să mă bizui numai pe asemenea imagini capricioase ale lucrurilor, mi-ar fi fost imposibil să mă descurc. Eu trebuie să pot recunoaște un lucru fie că e mai aproape, fie că e mai departe, fie că e mai bine luminat, fie că e mai slab luminat, într-o poziție sau alta. Altfel n-aș fi în stare să deosebesc un stîlp de un chibrit, o baltă de o picătură de apă, un om de o păpușă, o

batistă albă de una cenușie etc. Trebuie să-ți facă o impresie stranie să lași pe masă o franzelă albă și, numai după ce-ai făcut cîțiva pași, să vezi în locul ei un corn din făină integrală.

Și atunci trebuie să fiu foarte mulțumit că creierul meu nu se lasă de loc păcălit de imaginile schimbătoare pe care i le furnizează ochiul și izbutește să reconstituie imaginea stabilă a obiectului. Dar din ce? Cum izbutesc lucrurile să comunice creierului: „Nu te lua după ce ți-arată imaginea din ochiul tău. Nu sînt cît o cutie de chibrituri sau cît o ascuțitoare, sînt coșcogea casă mare, cu șase caturi, de mii de ori mai mare decît cutia de chibrituri". Sau: „Nu sînt o hîrtie cenușie, cum arată imaginea de pe retină, sînt albă ca zăpada". Și așa mai departe.

Ce fel de informatori secreți folosește creierul pentru a afla adevărata stare de lucruri?

Procedeul este, în fond, simplu.

Creierul nu se mulțumește numai cu datele primite de la retină despre obiectul respectiv, ci ține socoteală de ansamblul condițiilor în care se află obiectul și despre care tot retina îl informează în cea mai mare măsură. Lucrul acesta îl poate realiza creierul tot pe baza experienței practice a omului.

Încă din primii ani de viață copilul învață să recunoască persoanele, obiectele, animalele care intră în sfera preocupărilor sale.

Un obiect lăsat undeva e regăsit, fără ca să i se fi schimbat între timp mărimea. Mama de la o depărtare de un metru sau de la o depărtare de cinci metri, i se adresează la fel copilului. Sosind lîngă el, luîndu-l în brațe, ea rămîne aceeași ca înainte de a se fi depărtat. Toată experiența noastră clipă de clipă ne dezvăluie caracterul relativ constant al obiectelor cu care avem de-a face, faptul că aceste obiecte își au dimensiunile lor, forma și culoarea lor, care le sînt proprii.

Ochiul este însă astfel construit, ca aparat optic, încît imaginea pe care o poate obține și transmite creierului este o imagine schimbătoare.

Intre această imagine variabilă şi caracterul constant al proprietăţilor obiectului, aşa cum este dezvăluit de experienţa noastră directă, de practică, apare o contradicţie, apare un conflict. Şi conflictul trebuie să se rezolve în favoarea experienţei, în favoarea practicii, pentru că în caz contrar n-ar fi posibile relaţiile normale cu mediul înconjurător şi omul sau animalul n-ar putea trăi.

Imaginea vizuală a lucrurilor, elaborată de creier pe baza datelor transmise de retină, este extrem de preţioasă şi animalul sau omul trebuie s-o folosească la maximum pentru semnalizarea de la distanţă a prezenţei obiectelor şi fenomenelor.

Numai că, pentru a fi cu adevărat folositoare, această imagine trebuie neîncetat corijată, interpretată în sensul în care experienţa ne îndrumează.

In ceea ce priveşte dimensiunile obiectelor, problema este, deci, aceasta: ce operaţie trebuie să efectueze creierul pentru ca perceperea dimensiunilor unui obiect să nu fie influenţată de depărtarea la care se găseşte obiectul faţă de noi?

Pentru a evita unele confuzii credem că e bine, înainte de a răspunde, să subliniem următorul lucru: Sîntem obişnuiţi cu ideea că obiectele se micşorează pe măsură ce se depărtează. Avionul în văzduh pare cît o pasăre, deşi, de fapt, aripile şi fuselajul pot atinge lungimi de mai mulţi metri, chiar de zeci de metri.

La distanţe mari (mai ales în văzduh) obiectele se văd într-adevăr micşorate. Dar dacă e vorba de cîţiva metri — de 15, 20, 30 de metri — noi nu le vedem de loc micşorate, deşi şi în acest caz are loc micşorarea imaginii proiectate pe retină în raport cu distanţa.

Acest fapt ne preocupă acum: faptul că, pentru distanţe nu prea mari, imaginea percepută a obiectului *nu apare micşorată*. Ceea ce înseamnă că trebuie să intervină un mecanism compensator de mărire, de amplificare, datorită căruia creierul să poată reconstitui imagini relativ constante ale obiectelor pe baza unor imagini micşorate, furnizate de retină.

Dacă ar fi vorba de un raționament conștient, atunci calculul ar trebui să fie următorul: „Pot eu să contez numai pe mărimea imaginii de pe retină ca să-mi dau seama care este mărimea obiectului? Nu. Pentru că mărimea imaginii de pe retină nu depinde numai de mărimea obiectului. Ea depinde și de distanța la care se află obiectul. Pe măsură ce obiectul se depărtează, deși el își păstrează mărimea, el aruncă pe retină o imagine din ce în ce mai mică. De aceea, pentru a-mi face o idee justă despre mărimea obiectului, trebuie să măresc, să amplific imaginea obținută de la retină proporțional cu distanța. Dacă depărtarea unui obiect față de mine a crescut de trei ori, aceasta a avut ca urmare micșorarea de trei ori a imaginii de pe retină. Pentru a vedea, totuși, obiectul în aceeași mărime, e nevoie să amplific deci de trei ori imaginea furnizată de retină". Așadar, în fond dacă ar fi vorba de un calcul conștient, el s-ar reduce la o înmulțire. Creierul nu s-ar mulțumi cu informațiile obținute de la retină despre dimensiunile obiectelor. Pentru a obține o imagine justă despre aceste dimensiuni, creierul ar înmulți permanent dimensiunile, așa cum i le furnizează retina, cu un număr proporțional cu distanța obiectului. Astfel, noi nu vom mai vedea obiectul micșorîndu-se pe măsură ce se depărtează, ci îl vom vedea păstrîndu-și mărimea constantă — așa cum se și întîmplă de fapt (dacă distanțele nu sînt prea mari).

În realitate, nu e vorba de un raționament, de un calcul efectuat de noi conștient, ci de un mecanism fiziologic deosebit de interesant, construit după același principiu al semnalizării.

Să-i dăm cuvîntul chiar lui I. P. Pavlov: „Ceea ce genialul Helmholtz a etichetat prin termenul devenit celebru de „deducție inconștientă" corespunde în mod evident mecanismului reflexului condiționat. Atunci cînd un fiziolog se convinge, de pildă, că pentru elaborarea reprezentării dimensiunilor reale ale unui obiect sînt necesare anumite dimensiuni ale imaginii

de pe retină și o activitate sinergică a mușchilor interni sau externi ai ochiului, el constată mecanismul unui reflex condiționat. O anumită combinație de excitații pornite de la retină și din acești mușchii, care a coincis de cîteva ori cu o excitație tactilă pornită de la un obiect de anumite dimensiuni, devine un semnal, devine o excitație condiționată pornită de la dimensiunile reale ale obiectului".[1]

Dimensiunea imaginii proiectate pe retină și distanța la care apare obiectul intră într-adevăr în calculul efectuat de creier pentru a reconstrui dimensiunile reale ale obiectului.

Numai că nu e vorba de un calcul conștient, ci, cum spuneam, de un joc de mecanisme fiziologice care rezolvă problema.

În ceea ce privește distanța, la aprecierea ei creierul se folosește de ansamblul de date de care am avut prilejul să vorbim în capitolul precedent. Dintre aceste date, cititorul a reținut că un rol central îl joacă informațiile obținute de creier de la mușchii globului ocular. Complexul de date obținut de creier despre gradul de încordare al celor 12 mușchi, care efectuează mișcarea coordonată a ochilor, informează creierul asupra distanței la care e situat obiectul privit.

Acest complex de date, care indică distanța, este combinat de creier cu dimensiunea imaginii de pe retină. Percepția dimensiunii obiectului, adică felul în care noi vedem pînă la urmă mărimea obiectului depinde de cele două serii de informații.

Este vorba și aici de un fenomen de semnalizare, dar semnalizarea se realizează în cazul acesta printr-un excitant complex.

Faptul de semnalizat, faptul despre care trebuie să aflăm, este mărimea reală, constantă a obiectului (așa cum ne apare cînd obiectul se află lîngă noi).

---

[1] I.P. Pavlov, Experiența a douăzeci de ani în studiul obiectiv al activității nervoase superioare a animalelor, Ed. Acad. R.P.R., 1953, pag. 108.

Semnalul este format din două serii de excitații combinate: imaginea retineană și excitațiile provenite de la mușchii globurilor oculare.

Ca în orice excitant complex, componentele pot varia și, totuși, complexul poate să-și păstreze aceeași semnificație, să indice același lucru. Și tocmai o asemenea legătură stabilește experiența noastră între dimensiunea reală a obiectului pe de o parte, și combinația semnalizatoare pe de alta, încît, cîtă vreme produsul dintre dimensiunea retineană a imaginii și distanță rămîne constant, obiectul apare în oglindirea noastră subiectivă, ca mărime, constant.

În cazul că această explicație este adevărată, trebuie să rezulte următoarea consecință: Dacă am putea influența printr-un mijloc oarecare aprecierea distanței la care o persoană vede situat un obiect, am putea, numai prin aceasta, să influențăm și mărimea cu care îi apare obiectul acelei persoane.

Sau, cu alte cuvinte: imaginea retineană a unui obiect rămînînd aceeași, obiectul va apare mai mare dacă vom reuși să-l facem pe privitor să creadă că e mai apropiat. (Deoarece, cum am văzut, mărimea cu care ne apare un obiect rezultă din amplificarea imaginii retiniene proporțional cu distanța la care e văzut obiectul.)

Aceste previziuni se verifică perfect.

Iată, întîi, experiența cu imaginea consecutivă. Fenomenul imaginii consecutive îi este cunoscut cititorului din capitolele precedente.

Priviți fix cîtva timp (cam vreo 30 de secunde) o pată luminoasă, de pildă cadrul luminos al ferestrei, în timp ce vă aflați în cameră. Mutați-vă apoi repede privirea spre perete. Veți vedea jucînd înaintea ochilor o pată de aceeași formă cu cea privită, dar negativă, adică întunecoasă acolo unde prima era luminoasă (și invers). Pata aceasta, ce vă joacă înaintea ochilor, o vedeți proiectată pe peretele spre care priviți. Dacă vă îndreptați ochii spre plafon, ea apare proiectată pe plafon. Pata nu există în realitate în afară, pe

perete sau pe plafon. Însă, ca orice imagine (formată pe retină și transmisă scoarței care o prelucrează și o reconstituie) ea apare ca imagine a unui obiect situat în afară. Orice ecran real (cum ar fi un perete) către care ne îndreptăm privirea, pare să ia asupra sa sarcina de suport, de purtător al acestei imagini.

Or, ce credeți că se întîmplă? Pata ne apare cu atît mai mare cu cît peretele spre care privim (și pe care se proiectează) e mai depărtat, după cum, invers, pare cu atît mai mică cu cît peretele e mai apropiat.

Mărimea imaginii de pe retină, și deci a imaginii comunicate creierului, rămîne absolut aceeași. E suficient să apară impresia că pata e mai apropiată sau mai depărtată, pentru ca ea să și pară mai mică sau mai mare.

Poate că e necesar să precizăm din nou. Din practică știm că un obiect cu cît e mai depărtat cu atît pare mai mic (dacă depărtarea e destul de mare). Aceasta, deoarece pentru distanțe mari mecanismul amplificării în raport cu distanța, despre care vorbim acum, pierde din eficacitate.

În cazul imaginilor consecutive imaginile retiniene rămîn constante. Ele nu mai sînt în funcție de apropierea sau depărtarea obiectului, căci obiectul nu-l mai privim. Totul rezultă numai din urmele lăsate în retină și în restul analizatorului vizual de excitațiile anterioare, cînd priveam cu adevărat fereastra. Imaginea ne apare ca zugrăvită pe peretele spre care privim și de aceea intră în joc și mecanismul de amplificare în raport cu distanța la care ne apare imaginea. Ca urmare, imaginea nu ne apare constantă, ci cu atît mai mare cu cît e mai departe ecranul pe care se proiectează.

Cînd e vorba de un obiect real, nu prea depărtat, acesta apare constant ca mărime, pentru că mecanismul de amplificare vine tocmai să compenseze micșorarea imaginii retiniene cînd obiectul se depărtează.

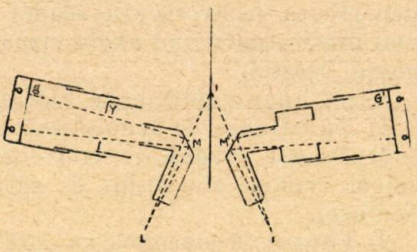
Foarte frumoase sînt experiențele care folosesc stereoscopul pentru a demonstra rolul aprecierii distanței în aprecierea dimensiunii obiectului privit.

În fig. 51 se vede schema unui stereoscop cu oglinzi, perfecționat. Partea deosebită a acestui stereoscop e faptul că se poate păstra suprapunerea celor două imagini dobîndite de retine într-o singură imagine vizuală, variind totuși gradul de convergență al ochilor.

Iată cum e construit acest interesant aparat: ochii privitorului sînt așezați în L și R și privesc fiecare prin cîte unul din cele două tuburi din dreptul lor. În G se află un geam mat, opalin (lăptos, albicios) luminat din spate. În Y drumul razelor de lumină pornite de la geamul G este strîmtat de un orificiu circular. Fasciculul de lumină ajunge în M unde întîlnește o oglindă. Oglinda reflectă razele de lumină de-a lungul tubului și ele ajung în L la ochiul privitorului. Toate acestea se petrec exact la fel și în partea dreaptă unde, după cum se vede din figură, există același tub cotit.

Pînă acum nimic nou. În G ca și în G' avem cele două geamuri opaline care-și trimit imaginile prin intermediul oglinzilor (M și M') spre ochii privitorului. Dacă ochii sînt potrivit așezați, astfel încît să vadă bine imaginile reflectate de oglinzi, atunci creierul va contopi cele două imagini primite de la retine și omul va vedea o singură pată de lumină situată undeva în F, între cei doi ochi.

Iată însă ce are nou și ingenios aparatul: în primul rînd, geamul G poate fi situat mai aproape sau mai departe de oglindă (deci de cel care privește), fără ca mărimea imaginii să se schimbe, de-



51. Stereoscop cu oglinzi.

oarece este limitată de mărimea găurii circulare a ecranului Y.

În al doilea rînd — și acest lucru este, pentru ceea ce ne interesează, cel mai important — cele două tuburi cotite care formează stereoscopul nu sînt fixe. Ele se pot roti în jurul punctelor L și R. Cititorul își dă seama că rotirea tubului (așa cum se vede și în figură) nu împiedică cu nimic drumul razelor de lumină. Numai că aceste raze vor sosi la ochi, în urma rotirii, din direcții modificate. Pentru a continua să vadă imaginile, privitorul trebuie să-și schimbe convergența ochilor (direcția privirii fiecărui ochi).

Și problema care se pune este aceasta:

1) Rămînînd G (obiectul văzut) la *aceeași distanță*, va fi el văzut mai aproape sau mai departe numai în raport cu gradul de convergență la care direcția tuburilor obligă ochii? Cu alte cuvinte: putem noi influența aprecierea distanței la care este situat un obiect față de privitor, schimbînd doar gradul de convergență al ochilor?

2) După cum am văzut, mărimea imaginii formate pe retină rămîne aceeași, indiferent de aceste modificări. Va apare obiectul *mai mare* cînd va fi văzut *mai departe* și *mai mic* cînd va fi văzut *mai aproape*?

Ei bine, rezultatele obținute de diferiți cercetători cu acest aparat sînt admirabile.

Persoanele de experimentare văd, într-adevăr, imaginea mai departe și mai mare cînd axele vizuale se depărtează (convergența scade) sau mai aproape și mai mică atunci cînd axele vizuale se apropie (convergența crește).

Acest aparat dovedește foarte clar:

1) Funcțiunea de semnalizare a distanței pe care o îndeplinește gradul de convergență al ochilor (mesajele trimise creierului de către mușchii globurilor oculare).

2) Faptul că mărimea cu care un obiect este văzut depinde direct de distanța la care este văzut. Obiectul

pare cu atît mai mare cu cît distanța care-l desparte de noi pare mai mare.

Toate acestea lămuresc un fenomen foarte cunoscut, a cărui explicație adevărată multă lume n-o cunoaște.

Cînd luna este văzută la orizont, ea apare uimitor de mare. Mi-amintesc că am fost de-a dreptul înspăimîntat cînd, copil fiind, am remarcat pentru prima oară acest fenomen.

Că luna nu se umflă și nu se dezumflă în plimbarea ei pe bolta cerească (adică de fapt în timpul rotirii pămîntului în jurul axei sale), acest lucru e clar.

Unii credeau că e vorba de fenomene de refracție la care razele de lumină sînt supuse în timp ce străbat atmosfera. Această explicație nu stă în picioare (atmosfera nu poate juca rolul unei lentile măritoare) și de altfel nici nu e necesară.

În realitate, această mărire nu reprezintă o mărire reală a imaginii, cauzată de un fenomen fizic oarecare. Fotografiind luna la orizont sau sus, pe bolta cerească, imaginile obținute sînt de aceeași mărime (ceea ce nu se întîmplă cînd fotografiem un obiect odată direct și odată printr-o lentilă măritoare).

Luna apare la orizont mai mare în funcție doar de distanța la care ea *apare* privitorului.

Numai că distanța nu mai este aici semnalizată de gradul de convergență al ochilor, căci rolul acestui mijloc de semnalizare încetează dincolo de cîteva zeci de metri (axele vizuale devin aproape paralele).

Aprecierea distanței este aici influențată de altceva. Vei fi poate surprins, cititorule, aflînd că, în general, aceleași distanțe ne apar mai mari pe orizontală decît pe verticală. Aceeași distanță pare mai mare cînd e măsurată (din ochi) pe șosea, decît atunci cînd e măsurată vertical, pînă la un punct situat undeva sus, deasupra capului.

De ce? Probabil pentru că distanțele orizontale ne sînt mai familiare, mai obișnuit legate de mișcările noastre. Omul, spre deosebire de pasăre, se mișcă, se deplasează mai ales pe direcții orizontale, pe pămînt,

sau pe podele paralele cu pămîntul. Distanțele orizontale le-am măsurat de nenumărate ori direct, prin însăși eforturile cheltuite pentru a le parcurge. Și apoi distanțele orizontale sînt pline: între noi și un obiect oarecare, așezat orizontal față de noi, se află cel puțin pămîntul drept (sau apa, pe mare). Dar, de obicei, distanța este umplută cu nenumărate obiecte: clădiri, copaci etc. Distanța pe verticală (pînă la nori, pînă la un avion, pînă la o pasăre) apare de obicei goală. Lucrul acesta trebuie să contribuie de asemenea la faptul că aceleași distanțe apar mai mari, măsurate pe orizontală, decît pe verticală (măsurate din ochi, bineînțeles).

Or, tocmai această apreciere a distanței influențează mărimea aparentă a lunii, a soarelui sau a constelațiilor.

La orizont, luna *pare* mai departe decît sus, pe boltă, și de aceea *pare* mai mare. Imaginea retineană fiind de fapt aceeași, mecanismul de amplificare nu *compensează* (ca la distanțe variind cu adevărat și micșorînd imaginea retineană), ci *amplifică* imaginea aparentă, proporțional cu distanța aparentă.

Fie că luna e la orizont, fie că e deasupra capului, imaginea ei, proiectată pe retină, e de fapt aceeași (căci, de fapt, distanța care ne desparte de lună nu se schimbă). Deoarece, însă, luna *pare* mai departe la orizont, creierul nostru amplifică imaginea în raport cu această distanță aparentă și rezultatul este că luna apare mai mare la orizont.

Impresia e foarte puternică și la început, cînd afli această explicație simplă, ești tentat să n-o iei în serios. Unii cred chiar că luna sau soarele sînt mai aproape de pămînt cînd se află la orizont, de aceea par mai mari. Evident, acest lucru nu se întîmplă. Astrul pare mai mare nu pentru că *este* mai apropiat, ci pentru că *pare* mai depărtat.

Că lucrurile se petrec tocmai așa s-a dovedit în felul următor: într-o hală mare au fost atîrnate niște discuri de aceeași mărime, unele sus, pe plafon, altele

jos, pe pereți, dar toate la aceeași distanță de privitor. Discurile de pe plafon apăreau mai mici decît cele așezate în direcție orizontală.

Dar faptul care merită în cea mai mare măsură atenția noastră este următorul: cînd aflăm că luna ne apare la orizont mai mare pentru că, în această direcție, distanța la care se află pare mai mare, noi încercăm să verificăm explicația dată, analizînd propriile noastre impresii: oare, într-adevăr, mi-apare luna mai departe cînd răsare, decît atunci cînd a ajuns sus pe cer? Și rezultatul acestei cercetări la care supunem propriile noastre impresii este clar: luna la orizont nu ne apare de loc mai departe. Poate chiar dimpotrivă.

Să dăm crezare acestor impresii împotriva adevărurilor științifice dovedite? Se înțelege că nu. Calculul distanței există. El este efectuat de creierul nostru pe baza indicațiilor primite. Dar *rezultatul* acestui calcul nu ne este împărtășit sub forma unei oglindiri subiective. Aici nu numai operația, dar chiar și rezultatul ei rămîn secrete ale activității nervoase a creierului. Rezultatul obținut — distanța la care e situat obiectul — intră ca verigă în structura altei operații: calculul dimensiunii obiectului. Și numai rezultatul acestei ultime operații ne devine cunoscut, este dezvăluit ca fapt subiectiv, ca fapt de cunoaștere.

Noi ne-am oprit asupra exemplului privind mărimea aparentă a lunii, tocmai pentru că am sperat că în felul acesta îl vom face pe cititor să înțeleagă mai bine că, în perceperea mărimii obiectelor, operația de amplificare pe baza aprecierii distanței este desfășurată de creier fără să ne dăm seama, fără să știm, fără să ne gîndim și că în perceperea mărimii obiectelor nu e vorba de un calcul conștient, care folosește date conștiente despre distanță, ci de un mecanism care servește cunoașterii numai produsul final.

Puterea de acțiune a acestui mecanism compensator, de amplificare, slăbește treptat, pe măsură ce obiectele sînt mai depărtate. Aparatul de radio nu ne apare mai mic la o depărtare de cinci metri decît la o depăr-

tare de un metru, deși imaginea de pe retină e mult mai mică în primul caz. Cînd e vorba însă de obiecte foarte depărtate, situate la sute de metri de noi, lucrurile se schimbă: ele încep să ne apară mai mici decît sînt în realitate. Gîndiți-vă la priveliștea pe care o avem privind cîmpul, prin fereastră, în fuga trenului. Totul pare într-adevăr hazliu de mic: oamenii, animalele, căsuțele, căpițele de fîn. Și e firesc să fie astfel, pentru că și puterea de apreciere a distanței scade cînd distanțele sînt mari. Micșorarea necontenită a imaginii formate pe retină, prin creșterea depărtării, nu mai este decît în parte compensată de aprecierea acestei depărtări și justa noastră apreciere a mărimii reale a obiectului cedează din ce în ce mai mult.

Pe distanțe verticale, micșorarea este și mai pronunțată. Același avion, văzut la aceeași distanță, pare mai mic în aer decît pe pămînt. Oamenii priviți de la etajele de sus ale unei clădiri înalte apar micșorați, cu toate că la aceeași distanță, însă orizontal, micșorarea nu se produce. Explicația acestui fapt am văzut că stă în aprecierea diferită a distanțelor pe orizontală și pe verticală.

În cazul lunii, al soarelui, al aștrilor, aprecierea distanței prin simpla privire n-are nici o legătură cu realitatea, pentru că e vorba de distanțe enorme, care depășesc cu mult orice fel de experiență directă a noastră. Distanța la care ne *apare* luna este egală cu distanța la care ne apare noaptea un cadran luminos așezat nu mai departe de 200 metri. Așadar, explicația mărimii aparente a lunii sau a soarelui se referă — evident — la distanțe fictive, confecționate, fără să ne dăm seama, în raport cu experiența noastră obișnuită.

Atît în cazul modificărilor intervenite în mărimea aparentă a lunii, a soarelui, a constelațiilor, cît și în cazul imaginilor consecutive sau al experiențelor cu stereoscopul, e vorba de imagini formate pe retine și comunicate creierului, a căror mărime rămîne constantă. Din diferite motive, însă, aceste imagini apar ca ale unor obiecte mai apropiate sau mai depărtate și de

aceea, fără ca de fapt să fie nevoie, intervine mecanismul compensator. Deoarece însă e vorba de distanțe *aparente*, care deci nu micșorează imaginea pe retină, mecanismul compensator nu duce la compensare, la constanța mărimii obiectului perceput, ci la amplificare, la impresia că e vorba de imagini ale unor obiecte cu mărime schimbătoare.

În condițiile obișnuite de percepere a lucrurilor, avem de-a face cu distanțe reale, care micșorează cu adevărat dimensiunile imaginii de pe retină, iar mecanismul compensator care intervine face ca printr-un efect de amplificare, proporțional cu distanța, să obținem, pînă la urmă, impresia de constanță a dimensiunilor obiectului.

Fenomenele descrise mai sus (variațiile în mărimea imaginii consecutive, în mărimea aparentă a lunii, a soarelui etc.) au calitatea că, declanșînd mecanismul de amplificare, fără să fie nevoie de el, îl pun foarte bine în evidență, mult mai bine decît în cazurile obișnuite în care rezultatul — păstrarea în percepție a constanței dimensiunilor obiectului situat la diverse distanțe — fiind în perfectă concordanță cu practica, nu stîrnește nedumerirea.

Spiridușul meu nu mai are astîmpăr. De mult îl auzeam cum chicotea, cum se foia în preajma mea, cum plescăia din limbă și bătea din palme.

— „M-ai dat gata! șuiera glăsciorul lui, scîrțiind asemenea unor balamale ruginite. M-ai dat gata cu mecanismul tău compensator. Obiectul are o mărime a lui proprie și, pentru ca această mărime să-mi apară neschimbată, imaginea e calculată de creier și în funcție de distanța la care se află obiectul. Bine... Dar culoarea? Aici mi-ai răspuns? Nu mi-ai răspuns."

— „Dar nu e clar? răspund eu nedumerit că-mi ridică această chestiune. Nu poate fi și aici vorba de un mecanism compensator?"

— „Ce tot vorbești? sări amicul meu enervat. Am admis că un obiect are mărimea lui proprie și că,

indiferent de imaginea pe care o avem despre el, această mărime nu se schimbă. Dar cum să admit că un obiect are culoarea lui proprie pe care creierul se străduiește s-o afle și să mi-o redea ca imagine subiectivă, cînd este știut că cele mai multe obiecte nu au lumina lor proprie?

Foaia de hîrtie de pe masa dumitale îți poate trimite altă lumină decît cea pe care ea însăși o primește? Îți poate trimite o lumină puternică, dacă primește o lumină slabă, sau îți poate trimite o lumină roșie, dacă primește o lumină verde?

Așadar, ce înțeles ar avea afirmația dumitale că obiectul e văzut în culoarea lui proprie, indiferent de lumina pe care o primește, așa cum e văzut obiectul în mărimea lui proprie, indiferent de distanța — nu prea mare — la care se află?"

Obiecția mă punea pe gînduri. Avea sau n-avea dreptate glăsciorul acela ruginit, care-mi țiuia în urechi?

Omulețul nu terminase însă.

— „Vrei să spui că această hîrtie e albă, nu? Dar ia ferește-o de lumină. Ascunde-o într-un colț al camerei, acolo unde lumina venită pe fereastră o ajunge mai puțin. Tot albă ți se pare? Știu, îți cunosc obiceiul de a te încrede în năluciri. Ia acum o bucată de carton și fă-i o gaură de mărimea unei monede de 25 de bani. Ține cartonul la o oarecare depărtare de ochi și privește foaia ascunsă în umbră, prin gaura făcută. Ei, ce vezi? Mai susții că vezi culoarea albă? Prin gaura cartonului vezi, privind hîrtia, o pată cenușie.

Și nu e firesc să fie așa? Primind mai puțină lumină, hîrtia nu are de unde da mai mult. Ea trimite ochiului numai atîta lumină cît trimite ochiului o hîrtie care, în plină lumină, apare cenușie.

Și atunci, dacă hîrtia din umbră (despre care zici că e albă) trimite exact atîta lumină cît hîrtia cenușie, de ce să nu admiți că adevărata culoare a hîrtiei în momentul acela e cenușiul și că, în general, lucrurile nu au o culoare a lor proprie, o culoare constantă?"

Ce șarlatan mai era sfătuitorul meu! Tocmai cînd credea că m-a prins în plasa lui de înșelăciuni (o vedeam după tonul sigur cu care vorbea), mi-am dat seama în ce consta șiretlicul.

— „Ia stai, ia stai, am strigat eu atunci. Nu-ți merge. Dar două hîrtii în aceeași lumină nu poți să compari? Cred că nu vei susține că cele două hîrtii trebuie să apară neapărat de aceeași culoare pentru că primesc aceeași lumină. Una poate fi albă și alta cenușie, una verde și alta roșie — cu toate că primesc aceeași lumină. Așadar, ceva propriu au în orice caz aceste obiecte, ceva care le face ca primind *aceeași* lumină, să reflecte, totuși, o lumină deosebită ca intensitate sau culoare."

Se înțelege că dascălul meu de ocazie n-avea niciun pic de dreptate.

Dar această proprietate este ea o proprietate constantă a obiectului, cum sînt mărimea, greutatea, duritatea etc.?

Firește că este.

Fiecare obiect are propria sa putere de reflectare a luminii, care ține de substanța din care e făcut.

Primind o anumită cantitate de lumină, un obiect poate reflecta mai mult sau mai puțin din această lumină. Dacă facem raportul între intensitatea luminii pe care o reflectă un obiect la un moment dat și lumina primită de acest obiect, obținem o valoare constantă numită *albedo*, care este tocmai puterea de reflectare a luminii de către substanța respectivă.

Pe de altă parte, așa cum am mai văzut, diferitele substanțe aleg, selecționează radiațiile. Un obiect dat absoarbe întotdeauna anumite radiații ale luminii primite și reflectă restul. Această selecție este o proprietate constantă a obiectului.

Se înțelege, însă, că lumina reflectată de un obiect nu depinde numai de aceste constante, de capacitatea de reflectare și de specificul selecției, ci și de lumina primită.

Să presupunem că avem o foaie de hîrtie albă a cărei putere de reflectare a luminii este de 80% și o foaie de hîrtie cenușie a cărei putere de reflectare este de 40%. Pentru ca hîrtia albă să reflecte o lumină de două ori mai intensă decît cea cenușie, trebuie ca ele să fie la fel de luminate.

Hîrtia albă poate fi, însă, așezată în umbră și lumina primită de ea să fie de 10 ori mai slabă decît cea primită de hîrtia cenușie. O socoteală simplă ne arată că în acest caz hîrtia albă, dezavantajată, nu va reflecta decît a cincea parte din lumina pe care o reflectă hîrtia cenușie.

Hîrtia albă așezată în umbră ar trebui să apară cenușie, și anume de cinci ori mai închisă decît hîrtia cenușie ce stă în lumină.

Iată așadar că ochiul primește de la obiectul privit o lumină reflectată care nu e constantă și care se schimbă mereu potrivit cu lumina pe care obiectul însuși o primește.

Dacă în perceperea culorii ne-am fi bizuit numai pe lumina pe care ochiul o primește de la un obiect, ar fi fost imposibil să mai deosebim și să mai recunoaștem lucrurile.

În realitate, însă, și acest lucru este deosebit de interesant, același obiect ne apare ca avînd aceeași culoare chiar primind și, deci, reflectînd o lumină diferită. Hîrtia albă așezată în umbră nu apare cenușie, cum ar trebui să apară după lumina pe care o primește ochiul de la ea, ci tot albă. O hîrtie albă, într-o încăpere luminată de o lumină roșie nu apare roșie, ci tot albă, deși ea ne trimite lumina roșie (ceea ce primește).

Este vorba și aici de un mecanism compensator foarte interesant, ca și în cazul perceperii mărimii obiectelor.

Analizatorul vizual a învățat, și în cazul culorii ca și în cazul mărimii, să folosească în așa fel indicațiile aduse de lumină încît, cîtă vreme un obiect este neschimbat, și imaginea sa rămîne neschimbată.

Ce este constant, însă, în acest caz? Același obiect poate trimite ochiului mesajele cele mai diferite, potrivit cu izvorul de lumină de la care se alimentează. Ceea ce rămîne însă constant, cîtă vreme obiectul rămîne constant, este *raportul* dintre lumina primită și lumina reflectată.

Lucrurile se petrec ca și cînd în aprecierea culorii unui obiect noi am face următorul raționament: „Dacă ar fi să mă iau după lumina pe care o primesc acum de la foaia de hîrtie așezată în umbră, ar trebui s-o iau drept o hîrtie cenușie. Dar nu voi trage o concluzie definitivă decît după ce voi examina și lumina primită de foaia de hîrtie. Această lumină e ea însăși slabă și foaia de hîrtie izbutește s-o redea în întregime. Deci e o hîrtie albă și nu o hîrtie cenușie".

Sau: „În cameră arde un bec care răspîndește o lumină roșie. Hîrtia din fața mea reflectă o lumină roșie cam de aceeași nuanță cu lumina pe care o primește. Hîrtia este, deci, albă pentru că nu schimbă nuanța luminii primite".

Facem, oare, un astfel de raționament? Nu facem, firește. Dar lucrurile se petrec ca și cînd un astfel de raționament ar avea loc într-adevăr.

E vorba și aici, în cazul aprecierii culorii, de un fenomen de semnalizare.

Pentru ca un anumit obiect să-și semnalizeze, să-și anunțe de departe prezența cu ajutorul culorii, e necesar ca semnalul să fie constituit din asocierea a două serii de excitanți: fasciculul de lumină sosit de la obiect, raportat la lumina pe care obiectul o primește.

Legea excitantului complex se păstrează și aici. Excitantul complex păstrează aceeași valoare semnalizatoare chiar cînd componentele se schimbă, dacă raportul dintre componente rămîne același.

Tocmai necesitatea animalului și a omului de a recunoaște obiectele pe care le-a mai întîlnit și care s-au dovedit a avea anumite proprietăți importante (folositoare sau dăunătoare), adică necesitatea de a avea *aceeași imagine* cînd *obiectul este același*, indife-

rent de condițiile de lumină, de distanță, de poziția în care este văzut, a determinat acest mod de semnalizare. S-a realizat o asemenea combinare a semnalelor luminoase într-un excitant complex, încît cîtă vreme obiectul rămîne același și excitantul semnalizator să rămînă același. În forma cea mai simplă e vorba de raportul dintre lumina reflectată și lumina incidentă (primită de obiect).

Se înțelege, lucrurile nu se petrec cu precizie matematică. Adeseori greșim, mai ales cînd e vorba de nuanțe apropiate. O stofă, văzută prima oară la lumina electrică, apare ziua avînd o nuanță puțin diferită. Cu cît lucrul e mai cunoscut, cu atît ne deprindem mai bine a-l vedea în aceeași culoare, indiferent de lumina în care-l vedem.

Fără îndoială că cititorul atent a băgat de seamă că explicația dată este incompletă. Pentru a determina culoarea unui obiect, analizatorul vizual folosește două serii de informații — lumina care sosește de la un obiect și lumina pe care o primește obiectul. Bine, dar... cum putem cunoaște lumina care cade asupra obiectului? Cu instrumente speciale așezate în locul obiectului se poate determina cu precizie ce fel de radiații îi parvin acestuia. Dar privind pur și simplu un obiect, cum putem fi informați nu numai despre lumina pe care o trimite obiectul ochiului, dar și despre lumina pe care obiectul o primește? Nu rămîne aceasta o taină a obiectului respectiv?

De fapt noi ne dăm seama indirect ce lumină primește obiectul privit prin lumina difuzată de atmosferă, prin faptul că ținem seama de felul în care sînt luminate alte obiecte cunoscute (tot cu ajutorul luminii pe care o reflectă), luînd în considerație poziția obiectului privit față de sursa de lumină sau jocurile de umbre.

La determinarea reliefului unei figuri contribuie, cum știm, și umbrele formate. Dacă însă obiectul e cunoscut, lucrurile se pot petrece invers: relieful cunoscut este cel care ne informează despre faptul că

anumite diferențe de colorit, de strălucire nu sînt decît rezultatul unui joc de umbre depinzînd de relief. Dacă, de pildă, privim o clădire luminată dintr-o parte, zidul mai puțin luminat va apărea mai închis. Dar cunoscînd forma casei, nuanța mai închisă cu care se prezintă zidul slab luminat nu ne va da impresia că acesta e de altă culoare, ci doar că e umbrit. Ne-am deprins să facem anumite legături între formele și pozițiile obiectelor și umbrele pe care le aruncă asupra altora.

Oare creierul animalelor este și el în stare de un astfel de calcul complicat, care să le permită să recunoască obiectele importante pentru ele, indiferent de condițiile de iluminare?

Putem răspunde afirmativ chiar înaintea oricăror experiențe speciale, numai din ceea ce știm din viața de toate zilele. Pisica sau cîinele nu recunosc foarte bine obiectele care intră în cîmpul lor de activitate ziua, în amurg sau noaptea?

Un cercetător a luat două cartoane cenușii de nuanțe diferite și a așezat pe ele niște boabe. Pe cartonul mai deschis, boabele au fost însă lipite și puii de găină aduși nu puteau ciuguli decît de pe cartonul de un cenușiu mai închis. După mai multe încercări, reflexul condiționat s-a format și puii de găină nu se mai apropiau decît de boabele de pe cartonul mai închis. Toate acestea s-au petrecut într-o încăpere slab luminată.

După ce puii s-au deprins să aleagă cartonul închis, acesta a fost așezat în plină lumină a soarelui. Cartonul mai închis, puternic luminat, reflecta acum mai multă lumină decît reflectase cartonul mai deschis în lumina slabă.

Cu toate acestea puii nu s-au încurcat de loc și s-au dus de-a dreptul să-și ciugulească boabele de pe cartonul mai închis.

Alți cercetători au oferit găinilor grăunțe albe și grăunțe vopsite în galben, împiedicîndu-le însă să le ciugulească pe acestea din urmă. Găinile s-au deprins să evite grăunțele galbene și să le caute pe cele albe.

După aceea, grăunțele albe au fost așezate pe un fond alb, dar asupra lor s-a proiectat o lumină galbenă, foarte vie Grăunțele, în această situație, reflectau o lumină galbenă ca și grăunțele vopsite în galben pe care găinile se deprinseseră să le evite. Cu toate acestea, găinile n-au șovăit de loc și au început să-și mănînce boabele luminate în galben.

Dar cei mai grozavi s-au dovedit peștii în recunoașterea culorilor! În cele mai variate condiții de iluminare, ca intensitate și culoare, peștii regăseau perfect semnalele colorate care le indicau prezența mîncării. Ei reușeau să se descurce chiar în condiții în care omul nu mai izbutea să facă față: în cazul unei lumini foarte slabe sau al unor schimbări mari intervenite în iluminarea unui semnal, care împiedica omul să mai recunoască semnalul.

Și în cazul culorii obiectului, ca și în cazul dimensiunii obiectului, schimbările intervenite în condițiile în care-l percepem (schimbări de distanță sau de iluminare) și care influențează mult asupra imaginii formate pe retină, nu ne împiedică, totuși, să recunoaștem obiectul și să-l percepem cu însușirile sale constante. Aceasta pentru că scoarța cerebrală, ca urmare a experienței trecute a individului, și chiar a speciei, nu se rezumă, în reconstituirea imaginii obiectului, la informațiile brute — disparate — transmise de receptori, ci le compară, le confruntă, le sintetizează, dînd ca produs final o imagine pe care practica o verifică neîncetat.

Lucrul acesta este adevărat și pentru perceperea formei obiectului. Un cerc înclinat față de planul ochilor se proiectează pe retină ca o elipsă, iar un dreptunghi — pe un plan înclinat — se proiectează ca un trapez etc. Cu toate acestea, fără vreun calcul rațional, ci nemijlocit, noi percepem obiectul ca avînd o formă stabilă. Aceasta pentru că în afară de informațiile despre forma imaginii proiectate pe retină, scoarța cerebrală utilizează în reconstituirea imaginii obiectului și informațiile despre poziția acestuia în

raport cu direcția privirii. Cînd obiectul își schimbă poziția, se schimbă și forma imaginii proiectate pe retină, dar și de schimbarea de poziție ține cont creierul în aprecierea finală a formei.

Obiectul fiind relativ constant în însușirile sale, trebuie să apară, de aceea, constant și cunoașterii noastre, chiar dacă, în condiții variabile, nu poate trimite decît mesaje variabile. Ceea ce se și întîmplă. Datorită mecanismelor sale complexe de reflectare, creierul izbutește să reconstituie elementele constante ale obiectului prin confruntarea mesajelor variabile pe care acesta ni le trimite. Și aci, ca și în toate cazurile, ceea ce decide în ultima instanță asupra reflectării realității este experiența practică.

CUM PERCEPEM MIȘCAREA LUCRURILOR

Treptat, de la o generație la alta, de la o specie la alta, în milioane de ani de schimbări și încercări, animalele au dobîndit capacitatea de a desprinde din nesfîrșita diversitate și variabilitate a fenomenelor zone stabile, familii de însușiri perfect îngemănate, păstrîndu-și o relativă independență față de jocul diverselor influențe: obiectele.

Pentru o hidră, pentru un vierme, pentru o dafnie nu există obiecte. Ceea ce nouă ne apare a fi un obiect unitar: o frunză, o piatră, o picătură de apă, o fărîmă de carne, nu apare acestor animale decît ca o atingere, o lumină, o impresie chimică.

Descoperirea *obiectelor* în lumea înconjurătoare a permis ființei cunoscătoare să-și organizeze mișcările mai bine, mai din vreme, cu mijloace mai variate. *Același* obiect își poate dezvălui prezența (și implicit

însușirile folositoare sau dăunătoare) din situații diferite, unor simțuri diferite. Bucata de carne rămîne pentru pisică o bucată de carne, cu cele mai dulci promisiuni, la lumină sau la întuneric, de aproape sau de departe, în farfurie sau în tingire, văzută sau mirosită.

Dar această capacitate de a oglindi obiectele realității ca grupe statornic unificate și relativ independente de însușiri, ar fi fost imperfectă, dacă animalului i-ar fi rămas ascunse schimbările, mișcările cărora aceste obiecte le sînt totuși supuse.

Mișcările, schimbările suferite de un obiect nu știrbesc stabilitatea a ceea ce este esențial în obiectul respectiv, a ceea ce formează natura sa proprie, dar ele sînt importante și trebuie oglindite ca atare, ca schimbări sau mișcări și nu ca un proces în care, neîncetat, mor și se nasc alte obiecte.

Pentru pisica ce pîndește o muscă, pentru uliul care-și fixează din zbor, de departe, puiul de găină, victima va continua să fie aceeași, fie că s-a mișcat sau nu din loc, fie că și-a schimbat sau nu poziția. Dar aceste schimbări, fără să ducă la schimbări esențiale în orientarea principală a acțiunii — atacul și obținerea prăzii, a unei anumite prăzi — trebuie să ducă la schimbări în felul în care atacatorul se va mișca, modificări în direcția, viteza, distanța alergării sau zborului.

Minunatelor mecanisme permițînd animalului să recunoască obiectele în ceea ce ele au constant și propriu, au trebuit să li se adauge altele nu mai puțin complicate și nu mai puțin necesare, permițînd animalului oglindirea și a schimbărilor, a mișcărilor la care obiectele sînt supuse.

Și nu e un lucru simplu. O indicație directă, privitoare la faptul că un obiect se mișcă, o obținem prin aceea că obiectul își schimbă locul față de alte obiecte presupuse nemișcate. Ne dăm seama de departe că o căruță înaintează pe șosea pentru că stîlpii, casele, copacii par a rămîne în urma ei.

Faptul că se deplasează căruța și nu copacii, casele sau stîlpii de telegraf — căruța rămînînd pe loc — nu rezultă nemijlocit din ceea ce vedem. Vederea ne informează doar că obiectele acestea se despart și se depărtează de căruță. Ne-am deprins, însă, din toată experiența noastră practică anterioară, să vedem aceste obiecte ca obiecte statice, imobile și cînd între un lucru oarecare și o casă, de pildă, distanța se schimbă, lucrul acela este văzut în mișcare.

Faptul acesta este folosit uneori pentru a crea impresia de mișcare în decorurile de teatru. Dacă pe scenă este așezat un vehicul oarecare — de pildă un automobil (firește, tot decor și care să fie de fapt nemișcat) — și în planul al doilea se mișcă lin decoruri reprezentînd munți, copaci, case etc., spectatorul are impresia că vehiculul este cel care se mișcă.

Luna pare a se strecura printre norii nemișcați, din aceleași motive. De fapt, norii se mișcă, însă apărînd pe cer asemenea unor bulgări enormi iar luna apărînd mai micuță, mai ușoară, sîntem înclinați să vedem norii nemișcați și luna plimbîndu-se printre ei.

Dar dacă obiectul nu se mișcă printre altele (presupuse nemișcate) nu mai avem posibilitatea să-i percepem mișcarea? Ba da. Urmărind cu privirea zborul unei păsări, în înaltul cerului, ne dăm perfect de bine seama nu numai că pasărea zboară, se mișcă pe bolta cerului, dar ne dăm seama și de direcția zborului și, într-o mai mică măsură, de viteza zborului.

Cît de simplu pare!

Din moment ce pasărea zboară de la dreapta la stînga — față de mine — văd că zboară de la dreapta la stînga etc. Unde ar fi problema?

Ca să *văd* ceva, nenumărate procese trebuie, însă, să aibă loc. În primul rînd, acest „ceva" trebuie să influențeze imaginea formată pe retină. Ceea ce nu e complicat. Mișcarea obiectului (în cazul nostru mișcarea păsării) în fața privirii se traduce printr-o mișcare corespunzătoare a imaginii pe retină. Pasărea mișcîndu-se înaintea mea, de la dreapta la stînga,

imaginea pe retină a păsării se va mișca în mod corespunzător, de la stînga la dreapta. Mereu alte grupuri de celule vizuale vor fi acoperite de imagine, mereu alte grupe de celule din scoarța creierului vor primi veștile respective înmănuncheate într-o imagine și, *subiectiv*, noi vom vedea mișcarea păsării. Impresia de mișcare ar apărea, deci, ca urmare a alunecării imaginii obiectului pe retină.

Aceasta ar fi soluția cea mai simplă, dar nu și cea mai bună.

Există un singur punct pe retină — pata galbenă — în care, căzînd imaginea trimisă de cristalin, obiectul privit este văzut clar, cu toate amănuntele. Din clipa în care imaginea va ieși din micuța regiune a petei galbene, ea va fi primită de porțiuni cu o finețe de oglindire din ce în ce mai mică și vederea obiectului va pierde din claritate, pînă se va încețoșa cu totul.

În realitate, noi căutăm să păstrăm imaginea în regiunea centrală a retinei. Pentru aceasta urmărim cu privirea obiectul în mișcare și nu așteptăm cu privirea fixă trecerea obiectului.

În acest caz, însă, mecanismul de informare descris mai sus cade.

Obiectul urmărit cu privirea nu-și mută imaginea pe retină și, totuși, noi continuăm să-l vedem mișcîndu-se chiar dacă nu putem folosi comparația cu alte obiecte nemișcate (ca de pildă, un punct luminos mișcîndu-se în întuneric).

În cazul acesta, dacă nu se mișcă imaginea pe retină, se mișcă în schimb ochii în orbite sau chiar capul în raport cu corpul. Rămîne deci, totuși, în sfera simțurilor noastre un fenomen a cărui desfășurare concordă clipă de clipă cu desfășurarea fenomenului obiectiv, cu desfășurarea mișcării — și anume, însăși mișcarea ochilor.

De la mușchii, care, prin jocul automat al reflexelor, conduc ochii în urmărirea imaginii, pornesc înapoi spre centrii scoarței cerebrale informații despre această mișcare a lor.

Dacă obiectul se mișcă în sus, ochii se rotesc în sus. Dacă obiectul se mișcă la dreapta, ochii se rotesc spre dreapta. Dacă obiectul se mișcă mai repede, și rotirea ochilor trebuie să se facă mai repede. Dacă obiectul s-a oprit, și ochii se opresc. Schimbările de direcție și viteză în mișcarea obiectului se traduc în schimbări ale contracțiilor mușchilor oculari. De aci pornesc știrile spre scoarța creierului mare sub forma mesajelor nervoase.

Așadar, dacă privirea rămîne fixă, ceea ce servește ca informație despre mișcarea obiectului dinaintea noastră este lunecarea pe retină a imaginii.

Dacă privirea urmărește obiectul, ceea ce servește ca informație despre mișcarea obiectului sînt mesajele primite de creier de la mușchii ochilor în mișcare.

Iată, însă, că eu privesc mai multe obiecte care se mișcă în același timp: mișcarea jucătorilor pe terenul de fotbal, alergătorii într-o întrecere, un grup de bărci cu motor spintecînd apa, zborul unui stol de păsări. Eu nu pot urmări în același timp toate obiectele din cîmpul privirii mele. Sau nu urmăresc nici un obiect, sau urmăresc unul singur, sau îmi mișc privirea de la un punct la altul.

În acest caz se mișcă și imaginile pe retină ale obiectelor, se mișcă și ochii și de fapt se mișcă și capul.

Să presupunem că, plimbîndu-mă pe puntea unui vapor, îmi vine în minte să determin direcția, sensul și viteza mișcării mele față de farul din port.

Dacă vasul stă pe loc, n-am decît să aflu aceste date despre mișcarea mea în raport cu vasul și rezultatele obținute vor fi valabile și în raport cu farul.

Dacă eu stau nemișcat pe punte și vasul se mișcă, va trebui să aflu direcția și viteza mișcării vasului față de far. Datele obținute îmi vor arăta exact propria mișcare față de far (eu fiind dus de vas).

Dacă, însă, și eu mă mișc pe punte alergînd de pildă, într-o direcție oarecare, iar vasul se deplasează și el, atunci nu voi putea determina direcția și viteza

mișcării mele față de far, decît combinînd cele două serii de date: mișcarea vasului în raport cu farul și mișcarea mea în raport cu vasul.

O asemenea combinare de informații trebuie să realizeze și creierul pentru a determina direcția și viteza de mișcare a obiectelor privite.

Dacă și imaginea lunecă pe retină, și ochii se mișcă în urmărirea aceluiași obiect sau a altui obiect, cele două serii de informații trebuie să se completeze într-o semnalizare unică.

Cînd, de pildă, obiectul se mișcă spre stînga, iar ochii se mișcă spre dreapta, firește că imaginea va luneca pe retină mai repede decît dacă privirea rămîne fixă. Creierul trebuie să facă oarecum o operație de scădere pentru a determina viteza mișcării obiectului. Din datele provenite de la retină despre lunecarea imaginii trebuie să scadă pe cele provenite de la mușchii ochilor despre mișcarea acestora. Firește că, în realitate, nu e vorba de un calcul aritmetic, ci de jocul complicat al unor mecanisme fiziologice. Noi, însă, avem dreptul să traducem operațiile fiziologice de semnalizare a mișcării în terminologia pe care o înțelegem mai ușor, aceea a raționamentelor, a calculelor matematice.

Cititorul a înțeles, desigur, că și în cunoașterea mișcării obiectelor ca și în cunoașterea mărimii, a culorii, a formei, e vorba de o semnalizare prin asocierea informațiilor într-un excitant complex. Și aci, sensul semnalizării rămîne același cîtă vreme raportul dintre componente rămîne același, chiar dacă se schimbă componentele. Un obiect nu pare a se mișca mai repede sau mai încet numai prin faptul că-l privim cu ochii nemișcați sau mișcăm ochii într-o direcție sau alta. Această mișcare a ochilor face să se schimbe și informațiile provenite de la retină, și informațiile provenite de la mușchii oculari, dar cîtă vreme mișcarea însăși a obiectului rămîne constantă, calculul efectuat de creier cu cele două serii de date duce la un rezultat constant.

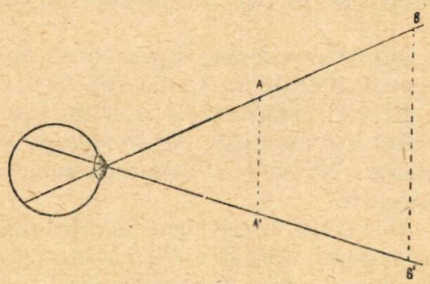
Cititorul să nu uite că, în realitate, așa cum am arătat, noi nu vedem de obicei doar obiecte în mișcare, ci vedem obiecte în mișcare față de altele socotite imobile, ceea ce ușurează foarte mult aprecierea mișcării.

Aceasta înseamnă că noi constatăm schimbarea necontenită a distanței care desparte obiectul în mișcare de alte obiecte socotite a sta pe loc și însăși această schimbare de distanță ia parte, ca indiciu sigur, la informarea noastră despre mișcarea obiectului.

Priviți acum figura 52. Obiectul A e situat mai aproape de ochi decît B, dar ambele sînt situate pe aceeași rază vizuală. Cele două obiecte se mișcă astfel încît rămîn pe aceeași rază. A ajunge în A' și B ajunge în B' — în același timp. Distanța străbătută de B este însă mai mare și, pentru că distanțele AA' și BB' au fost străbătute în același timp, urmează că viteza de mișcare a lui B a fost mai mare.

De fapt, cele două serii de date combinate (lunecarea imaginii pe retină și mișcarea ochilor) ne informează numai despre viteza unghiulară a razei vizuale duse la obiect, adică despre mărimea unghiului parcurs în unitatea de timp. Se vede din figura 52 că, cu cît se află mai departe obiectul, cu atît e mai mare distanța reală străbătută de obiect pentru același unghi descris de raza vizuală.

Ceea ce înseamnă că în aprecierea vitezei cu care un obiect se mișcă creierul trebuie să folosească și o a treia serie de date: cele despre distanța la care se mișcă obiectul față de persoana care privește. Dacă



52. Aprecierea vitezei unui obiect în funcție de distanță.

această apreciere e greșită, e greșită și aprecierea vitezei de mișcare a obiectului.

De ce ni se pare că, în zborul său, avionul de-abia se mișcă pe bolta cerului, deși de fapt e vorba de viteze de sute de kilometri pe oră? Cînd o motocicletă trece în dreptul nostru cu 80—90 kilometri pe oră, ni se pare că ea ar țîșni ca săgeata, iar avionul care zboară cu 300—400 kilometri pe oră pare a avea o viteză de melc.

Pentru motivul, lesne de întrevăzut, că distanța nu a fost apreciată. E vorba, în primul rînd, de distanțe de cîțiva kilometri — distanțe prea mari pentru a mai fi apreciate din ochi — e vorba apoi de spații goale, și e vorba, în al treilea rînd, de distanțe verticale, nestrăbătute de obicei printr-un efort direct. Ca și în oglindirea dimensiunilor, subaprecierea înălțimii la care zboară avionul duce la subaprecierea distanței străbătute de avion, deci a vitezei sale.

Așadar, excitantul complex care ne semnalizează viteza mișcării unui obiect (firește, foarte aproximativ) e constituit din cel puțin trei serii de componente: lunecarea imaginii pe retină, mișcarea ochilor în urmărirea obiectului și distanța la care se apreciază că se mișcă obiectul. Cu cît această distanță e mai mare, cu atît sînt mai nesigure, mai grosolane aprecierile noastre.

Problema devine și mai complicată atunci cînd, cum se întîmplă de obicei, obiectul își schimbă distanța față de privitor, apropiindu-se sau depărtîndu-se.

Nu orice mișcare e percepută de noi. Dacă mișcarea e prea înceată sau prea rapidă, ea nu mai e sezisată. Priviți arătătoarele ceasului dumneavoastră de buzunar sau de mînă: par să stea pe loc, chiar cînd ceasul merge. Nu vedem mișcarea aceasta pentru că e prea înceată.

Măsurînd viteza prin unghiul descris de raza vizuală în timpul mișcării obiectului (ca să nu fim obligați să ținem seama și de distanța la care se află obiectul), limitele sînt, cu aproximație, următoarele:

Dacă e vorba de a urmări cu privirea un punct luminos ce se mișcă în întuneric (e vorba deci de un punct văzut izolat), atunci mișcarea sa trebuie să aibă o viteză de cel puțin 15′ în timp de o secundă pentru ca să fie văzut mișcîndu-se. Dacă punctul acesta s-ar mișca în cerc în jurul nostru, el ar trebui să parcurgă cercul în timp de cel puțin 24 de minute. În cazul că s-ar mișca mai încet, punctul ar părea că stă pe loc.

Cînd e vorba, însă, de condițiile obișnuite de vedere în care obiectul e văzut mișcîndu-se față de altele nemișcate (în care caz are loc și o lunecare mai pronunțată a imaginii pe retină) posibilitățile noastre de a remarca mișcarea sînt mai mari. Viteza de 1′ pe secundă este în acest caz suficientă pentru a permite privitorului să descopere mișcarea obiectului. Cu alte cuvinte, dacă obiectul s-ar mișca în cerc în jurul nostru, chiar dacă s-ar mișca așa de încet încît i-ar trebui 6 ore ca să parcurgă cercul, tot ne-am da seama că nu stă pe loc. O rotire completă a pămîntului în jurul axei sale se face în timp de 24 de ore. Ceea ce înseamnă că soarele, luna și ceilalți aștri parcurg un cerc complet în mișcarea lor aparentă pe bolta cerească în 24 de ore. Se înțelege astfel, de ce nu vedem direct mișcarea aparentă a aștrilor pe boltă. Firește, dacă observăm, din cînd în cînd, poziția lunii, de pildă, față de un punct de reper oarecare (coșul unei case, vîrful unui copac), ne dăm seama cum se schimbă poziția lunii pe bolta cerească față de acest punct de reper. Dar mișcarea, nemijlocit, n-o remarcăm.

Nu remarcăm nici mișcarea foarte rapidă a unui lucru. Mi-amintesc de o jucărie ingenioasă. Paloșul tăia capul unui fachir și, totuși, gîtul lui de fier rămînea neatins. Paloșul se mișca asemenea unui minutar de ceasornic în jurul unui ax fixat în centrul unui cadran și părea, la o apăsare de buton, că sare, retezînd capul fachirului. De fapt, paloșul se rotea în sens invers, străbătea tot cadranul și se oprea la gîtul de metal al fachirului, în partea opusă. Dar mișcarea era atît de rapidă, încît nu putea fi observată.

Turațiile elicei de avion sînt atît de rapide, încît nu mai vedem nici mișcarea, nici elicea. Dar nici măcar paletele unui ventilator nu le vedem din cauza vitezei.

Dacă simțurile nu izbutesc uneori să ne dezvăluie mișcarea acolo unde există, ele fac alteori exces de zel, făcîndu-ne să vedem o mișcare acolo unde nu există.

Iată un montaj foarte simplu: două becuri de lanternă așezate la cîțiva centimetri și legate de o baterie, astfel încît pot fi aprinse pe rînd. Experiența se face pe întuneric pentru ca cel care privește să nu vadă decît becul aprins.

Se aprinde un bec și după cîteva clipe se stinge. Pauză. Apoi se aprinde celălalt bec. Privitorul, firește, vede cele două becuri aprinzîndu-se succesiv.

Dacă însă intervalul care desparte cele două aprinderi e foarte mic, atunci privitorul nu mai vede *două* becuri care se aprind unul după altul, ci *un singur* bec care *se mișcă* străbătînd distanța respectivă.

Privitorul *vede* becul mișcîndu-se, acesta e faptul cel mai interesant! Pauza dispare — nu există un timp gol. În timpul în care de fapt nu se petrece nimic (între cele două aprinderi) privitorul *vede* cum se mișcă becul dintr-un punct în celălalt.

Cum se explică fenomenul acesta?

Mulți oameni de știință sînt de părere că ar fi vorba de un fel de scurt-circuit între căile nervoase. Deoarece excitațiile se succed la intervale foarte scurte și la distanțe foarte mici, undeva, pe traseul nervos urmat de cele două serii de mesaje, s-ar putea produce scurt-circuitul. Excitația ar străbate distanța care separă cele două trasee, exact cum o străbate în cazul în care mișcarea ar fi reală.

Dar unde are loc acest scurt-circuit? În retină? De-a lungul căilor de transmisiune spre creier? În scoarța creierului? Sau poate în mai multe puncte odată?

În cazul că ar fi vorba de un scurt-circuit între celulele aceleiași retine, impresia de mișcare s-ar produce

numai dacă am privi obiectul în cele două poziții, cu același ochi sau cu ambii ochi.

În realitate, însă, impresia de mișcare apare chiar atunci cînd prima imagine e primită de un ochi și a doua de celălalt ochi.

Ridicați degetul și priviți-l cînd cu un ochi, cînd cu celălalt. Veți avea impresia netă că degetul se mișcă înaintea ochilor.

Aici lucrurile nu se petrec întocmai ca în experiența cu becurile sau cu linioarele, pentru că nu prezentăm ochilor degete ocupînd două poziții succesive, ci un singur deget care rămîne neschimbat. Cînd însă unul din ochi e închis, coordonarea nu mai e perfectă între cei doi ochi. În clipa în care ochiul închis se deschide, imaginea se formează pe retină într-un alt punct decît pe retina ochiului care fusese înainte deschis și de aceea degetul apare ocupînd două locuri diferite. Astfel se produce fenomenul mișcării aparente și degetul e văzut în mișcare și nu în două poziții aparente.

Ceea ce interesează acum e faptul că cele două imagini succesive ale degetului se formează, *pe rînd*, pe cele două retine. Totuși, impresia de mișcare se naște.

Concluzia este deci că scurt-circuitul se produce în scoarța cerebrală, acolo unde cele două retine își reunesc mesajele.

E posibilă, însă, și o altă explicație, care n-o exclude pe prima, dar e mai cuprinzătoare decît ea.

N-ar putea fi vorba și aici de un fenomen de semnalizare, de intrarea în joc a unor legături nervoase temporare?

Pentru ca un lucru care s-a aflat într-un punct A să ajungă într-un punct B, el trebuie să se mute, să se miște, să străbată spațiul care desparte punctul A de punctul B, și nu să dispară din A ca să reapară în B.

Acest fapt l-am constatat de mii și mii de ori în experiența mea. Și atunci se înțelege că existența aceluiași obiect întîi în A și apoi în B va atrage după

sine şi reprezentarea acelei părţi a fenomenului care a fost nelipsită altădată — străbaterea spaţiului între A şi B.

Lucrul se petrece întocmai ca atunci cînd, auzind o melodie cunoscută ce vine de departe, multe sunete nu izbutesc să ajungă pînă la urechea mea. Eu nu-mi dau seama de aceasta deoarece, fără voia şi ştirea mea, amintirea completează golurile lăsate de percepţie.

E posibil ca şi în cazul mişcării aparente excitaţia să străbată distanţa între cele două puncte ale creierului în care se nasc imaginile obiectelor văzute succesiv. Dar nu mai e vorba de un simplu scurt-circuit între două trasee apropiate ale curentului nervos, ci de un fenomen clădit pe o experienţă reală, oglindind dacă nu un fapt real prezent, dar cel puţin un fapt care s-a întîmplat în trecut.

Un experimentator a stabilit că este necesar, pentru ca fenomenul mişcării aparente să aibă loc, ca intervalul de timp dintre cele două apariţii succesive (lăsînd între ele o distanţă de 1 cm) să nu fie mai mic de 30 de miimi de secundă şi să nu fie mai mare de 200 miimi de secundă.

Cercetătorul a folosit, în experienţele sale, nişte linii verticale. Dacă linia a doua apărea la un interval mai mic de 30 miimi de secundă după dispariţia primei, persoana care privea vedea ambele linii verticale în acelaşi timp şi impresia de mişcare nu se năştea. De ce se întîmpla acest lucru? Pentru că imaginea nu se şterge chiar în clipa în care obiectul dispare din faţa ochilor. Imaginea e mai leneşă. Ea mai persistă o vreme foarte scurtă, căci procesele fiziologice care i-au dat naştere se continuă încă asemenea ecoului, după ce cauza — obiectul — nu mai e de faţă. A doua linie apărînd prea devreme, ea se întîlneşte cu imaginea, neştearsă încă, a primei linii.

Dacă intervalul care desparte cele două apariţii este prea mare, impresia de mişcare iarăşi n-are loc. Intervalul fiind prea mare, cele două linii sînt văzute separat, fiecare în parte.

Pentru ca această mișcare aparentă să se producă, intervalul cel mai potrivit este de, aproximativ, 60 de miimi de secundă.

Cinematograful se bazează tocmai pe fenomenul acesta al mișcării aparente. Cine n-a văzut pozele de pe pelicula unui film de cinematograf? La început ai impresia că pozele sînt absolut la fel. Dacă privești însă atent, îți dai seama că imaginile diferă ușor una de alta. Dacă, de pildă, fragmentul de film reprezintă un om în timp ce ridică mîna, se poate vedea cum imaginea mîinii apare mereu mai sus, de la o poză la alta.

Aparatul de proiecție este astfel construit, încît pe ecran nu se proiectează banda filmului în mișcare, desfășurîndu-se continuu. Fiecare poză este proiectată atunci cînd îi vine rîndul, nemișcată, iar lunecarea rapidă a filmului în trecerea de la o imagine la alta rămîne ascunsă spectatorului. Filmul se mișcă deci sacadat, iar înaintea ochilor spectatorului, pe ecran, are loc o foarte rapidă prezentare a nenumărate fotografii nemișcate.

Fenomenul mișcării aparente se poate, deci, produce. Brațul personajului ocupă mereu alt loc, mereu mai sus, pe pozele filmului și, deci, și pe imaginile proiectate succesiv pe ecran.

Spectatorul nu va vedea pe ecran cîteva zeci de imagini separate, în fiecare imagine mîna ocupînd o altă poziție, ci va vedea mișcarea continuă a brațului personajului din film (la fel cum, în experiențele cu becuri sau cu linii, vedem becurile sau liniile mișcîndu-se, deși stau de fapt pe loc și apar numai, rînd pe rînd, în poziții diferite).

Mișcarea aparentă pe care am descris-o poartă numele de mișcare beta (β)[1]. Nu mai puțin interesantă este cea descrisă sub denumirea de mișcare delta (△). Dacă a doua lumină aprinsă după stingerea primei lumini este mult mai strălucitoare, atunci mișcarea nu apare

[1] β (beta), Δ (delta), γ (gama), litere din alfabetul grec.

ca avînd loc de la primul bec aprins la cel de-al doilea, ci invers, de la al doilea bec aprins spre primul.

Iată și mișcarea gama(γ). Dacă un disc luminos este expus brusc, centrul său apare primul, apoi lumina pare că se întinde, se revarsă către periferie pînă ajunge să acopere toată suprafața discului. Atunci cînd lumina se stinge, apare impresia unei mișcări inverse. Lumina discului nu dispare brusc, ci pare că se strînge, se contractă de la periferie spre centru.

În acest caz e vorba, probabil, de fenomene de iradiere (răspîndire) sau de concentrare (restrîngere) a excitației în scoarța cerebrală.

Psihologul german Wertheimer a emis teoria după care noi am fi în stare să avem o impresie de mișcare pură chiar dacă n-am percepe nici un obiect, nici o culoare, deci nimic care să se miște. Această impresie de mișcare pură a numit-o Wertheimer phi (φ) pur.

Pe ce se bazează el în teoria sa?

În primul rînd, pe fenomenul mișcării aparente. Dacă un lucru poate fi văzut în mișcare, fără să se miște de fapt, aceasta înseamnă că impresia de mișcare vine din noi, nu oglindește un fapt obiectiv.

Așadar, lui Wertheimer i se pare mai just să explice mișcarea reală prin mișcarea aparentă, decît mișcarea aparentă prin mișcarea reală.

De fapt, fenomenul mișcării aparente are calitatea de a scoate în evidență faptul că, și în cazul mișcării, scoarța cerebrală nu se poate rezuma la înregistrarea pasivă a unor mesaje ce-i sînt transmise în momentul respectiv de receptori, ci e obligată să desfășoare o activitate de confruntare și sintetizare călăuzită de experiența trecută, pentru a izbuti să reconstituie o imagine cît mai fidelă a faptului obiectiv. Mișcarea aparentă — impresia de mișcare fără o mișcare reală — lasă să se întrevadă schemă gata formată de care se ajută creierul și în cazul mișcării, schemă care însă nu este *creată* de creier, ci cîștigată, *dobîndită* prin experiența îndelungată a omului și exprimînd, oglindind generalitatea mișcării.

Se vede din toate acestea că și în cazul perceperii mișcării obiectelor ca și în cazul cunoașterii, în genere, a obiectelor înconjurătoare, scoarța cerebrală va folosi cele mai variate informații și, bizuindu-se pe întreaga experiență trecută a persoanei și, probabil, și pe o anumită experiență transmisă ereditar, va reconstitui, confruntînd și sintetizînd, imaginea reală, adevărată, a fenomenului.

Această imagine este supusă apoi unei verificări reale prin practică. Numai această verificare poate separa elementele reale de cele aparente, ne poate încredința de adevărul oglindirii fenomenului pe plan subiectiv.

TIMPUL

Mișcarea nu se face numai în spațiu. Mișcarea cere timp. Percepînd faptul că obiectele se mișcă, schimbîndu-și locul sau se transformă schimbîndu-și starea, noi înregistrăm de fapt informații și despre această formă fundamentală de existență a materiei — timpul.

Nu ne putem imagina nici un fenomen, nici o întîmplare din natură care să nu aibă loc *undeva* sau care să nu *dureze*. Se înțelege, spațiu pur și simplu nu există, tot așa nu există timp ca atare, separat, independent. Există numai materie în mișcare — lucruri, întîmplări, fenomene. Dar mintea omenească desprinde, separă sub forma unor idei abstracte, sub forma unor noțiuni, din oglindirea aceasta a lucrurilor și întîmplărilor din natură, două însușiri care apar ca fiind cele mai generale: întinderea și durata, spațiul și timpul.

Oglindirea spațiului și a timpului în mintea oamenilor sub forma unor idei este rezultatul felului cu

totul nou, în raport cu animalele, în care oamenii intră în relații cu realitatea. Oamenii își organizează munca în comun, cooperează în vederea obținerii unui rezultat interesînd un grup întreg de oameni. Pentru aceasta e nevoie ca oamenii să se înțeleagă între ei și să se pună de acord asupra scopului comun, asupra mijloacelor de a-l atinge, asupra rolului fiecăruia. Ei trebuie să se înțeleagă de asemenea și asupra dimensiunilor obiectelor cu care lucrează. Dar această organizare cere oamenilor să se înțeleagă în primul rînd asupra unui fapt care revine întotdeauna, de care trebuie ținut seama întotdeauna, în orice activitate: *unde* va avea loc.

Pentru a se putea înțelege, oamenii trebuie să stabilească repere comune și unități de măsură care să aibă aceeași oglindire, același înțeles în mintea tuturor, oamenii trebuie să-și creeze mijloace verbale prin care să exprime direcții, poziții, depărtări etc.

Și iată că organizarea muncii în comun i-a obligat pe oameni să depășească perceperea nemijlocită a unor dimensiuni, distanțe, forme etc., așa cum există și la animale și să descopere spațiul ca idee abstractă, spațiul uniform, omogen, care poate avea pentru toți oamenii, indiferent de experiența lor particulară, același înțeles.

Dar viața socială i-a obligat pe oameni să descopere și timpul.

Organizarea activității în comun cere ca oamenii să se poată înțelege asupra unor momente viitoare, cînd vor participa la aceeași activitate, asupra unor intervale mai lungi sau mai scurte în care o anumită muncă să fie cuprinsă, asupra datării unor evenimente trecute care-și păstrează încă actualitatea.

Roata istoriei nu se poate întoarce înapoi în primul rînd pentru că roata timpului nu se poate întoarce înapoi. Totul este o veșnică curgere, o veșnică transformare și înnoire. Ceea ce a fost nu se mai poate repeta aidoma și ceea ce va fi încă nu există.

Şi, cu toate acestea, oamenii, asociindu-se, organizîndu-se, au pus stăpînire într-o măsură din ce în ce mai mare pe această veşnică curgere a timpului prin faptul că au izbutit să cuprindă în mintea lor, într-o reflectare unică, durate din ce în ce mai îndelungate.

Timpul ca *idee*, timpul ca instrument de organizare a muncii în comun nu poate să apară decît din confruntarea desfăşurării diferitelor evenimente cu fenomene obiective avînd o anumită periodicitate: succesiunea zilelor şi a nopţilor, succesiunea anotimpurilor, periodicitatea fenomenelor cereşti — fazele lunii, mişcarea soarelui.

Aceste fenomene naturale periodice pot constitui adevărate unităţi de măsură, permiţînd divizarea şi măsurarea timpului, tot aşa cum „cotul", „piciorul", „braţul" etc. au putut servi ca unităţi de măsură a spaţiului.

Acestor orologii naturale, oamenii le-au adăugat mijloace artificiale de măsurare a timpului, care le-au permis să împartă durata în fracţiuni mai mici: ceasul de apă, ceasul de nisip, pendulul, pînă la ceasurile perfecţionate ale vremii noastre.

Dar toate acestea reprezintă mijloace indirecte de cunoaştere a timpului, bazate pe transpunerea într-o imagine spaţială vizibilă, prin intermediul unei mişcări, a timpului ce se scurge. Urmărind mişcarea acului pe un cadran, noi interpretăm schimbarea sa de poziţie — deci o schimbare spaţială — ca o indicaţie asupra scurgerii timpului.

Dar o înregistrare directă prin simţuri a timpului scurs nu există?

Spaţiul îl putem măsura folosind anumite unităţi convenţionale de măsură. Dar spaţiul poate fi, în primul rînd, perceput şi apreciat direct cu ajutorul văzului, al auzului, al pipăitului. Văd că lucrul este mai departe sau mai aproape, văd că un lucru este mai mare decît altul etc.

O asemenea trăire, o asemenea simţire nemijlocită a curgerii timpului nu există?

Există, dar posibilitățile ei sînt la oameni mult mai limitate decît posibilitățile percepției spațiului. În primul rînd, sezisarea directă a unui interval , a unei durate nu se poate referi decît la intervale foarte scurte. De ce?

Foarte simplu. Cînd măsor din ochi o distanță oarecare, să zicem de 5—6 metri, eu cuprind dintr-o dată cu privirea întreaga lungime și pot, dintr-o privire, să apreciez cu aproximație distanța.

Cînd e vorba însă de timp, să zicem de un interval de 2—3 ore, lucrurile se schimbă. În momentul în care îmi pun problema cît timp a trecut — de pildă cît timp a trecut de cînd merg cu trenul — eu nu mai trăiesc nemijlocit decît momentul final al acestui interval, momentul în care îmi pun întrebarea. Restul, tot ce s-a petrecut de la începutul călătoriei, nu mai e prezent, nu mai poate fi perceput nemijlocit și trebuie *evocat*, amintit, pentru a servi la aprecierea timpului. O apreciere nemijlocită a timpului, prin simțuri, nu se poate referi decît la durate foarte scurte, de cîteva secunde, durate care apar ca aparținînd aceluiași *prezent*.

Să ciocănim în masă de două ori — o dată și după 2—3 secunde încă o dată. Intervalul este mic și ecoul primului sunet nu s-a stins cînd apare al doilea. Un astfel de interval mic ne apare ca fiind perceput întreg, dintr-odată — avem impresia că simțim chiar intervalul. Dacă, însă, lăsăm să se scurgă un timp mai îndelungat, dacă ajungem la 10—15—20 de secunde, unitatea se rupe, prima bătaie rămîne în urmă, dispare, și a doua bătaie i-apare singuratică auzului. Intervalul care ne apare ca formînd un „timp prezent" nu depășește 5—6 secunde.

Se înțelege că intervalele de timp la care ne referim pot fi „pline" sau „goale". Poate fi, cu alte cuvinte, vorba de un fenomen care „durează" (o lumină, un sunet etc.), sau de intervalul cuprins între două semnale scurte (două sunete scurte succesive, două aprinderi succesive ale unui bec etc.).

Se pare că finețea aprecierii duratei depinde de analizatorul căruia fenomenul i se adresează. Cea mai mare finețe în compararea intervalelor de timp o are auzul. Vine la rînd simțul tactil și abia la urmă văzul. Am putea spune că văzul este, în special, un simț al spațiului și auzul, în special, un simț al timpului.

Dacă durata unui fenomen se scurtează foarte mult sau dacă intervalul dintre două semnale se scurtează foarte mult, senzația de durată dispare. Cînd un sunet, o lumină, o atingere durează foarte puțin, ele pierd parcă durata și apar ca „instantanee". Aceste „instantanee" sînt adevărate „puncte" de timp — fără dimensiuni, comparabile cu punctele spațiale.

Cît de puțin trebuie să dureze un fenomen ca să ne apară ca fiind lipsit de durată? Dacă e vorba de văz, timpul acesta este de 1/10 de secundă. Cu alte cuvinte, dacă o lumină durează numai o zecime de secundă, ea nu ne apare ca întinzîndu-se în timp, ci ne apare ca instantanee. Dar dacă durează mai puțin decît o zecime de secundă? Doar nu poate fi vorba de ceva mai scurt decît instantaneul... Nu, se înțelege. Dacă lumina durează mai puțin de o zecime de secundă dar e destul de puternică pentru a provoca o senzație, ea tot instantanee apare, fără nici o deosebire față de cea care a durat mai mult. Dacă lumina însă începe să dureze mai mult de o zecime de secundă, impresia de durată ia naștere și o lumină care a durat o jumătate de secundă ne apare ca ocupînd un interval mai mare decît alta care a durat numai o treime.

Pentru auz acest timp limită este mult mai mic: o sutime de secundă. „Punctul de timp" sonor nu durează mai mult de o sutime de secundă. Intervalele mai mari încep să fie comparate între ele de auz și apar ca durate.

Cititorul își amintește că acuitatea (ascuțimea) vederii sau a pipăitului se referă la posibilitatea acestor simțuri de a distinge două puncte apropiate în spațiu: cît de apropiate pot fi două puncte făcute pe o hîrtie

fără să ajungem să le confundăm cu privirea, sau cît de apropiate pot fi două înțepături făcute pe piele pe care să le distingem încă. O problemă asemănătoare se poate pune și în privința timpului. Aici e vorba de simultaneitate și succesiune. Dacă intervalul dintre două semnale — două scînteieri, două sunete scurte, două înțepături — este foarte mic, se ajunge ca intervalul să nu mai fie perceput și ca cele două semnale să nu mai apară ca succesive, ci simultane. Prin analogie cu acuitatea spațială s-ar putea vorbi, deci, de acuitatea timpului: ascuțimea, finețea cu care simțurile noastre pot separa două momente în timp.

Cercetătorul arată că și în acest caz primul loc îl ocupă auzul. Rezultatul găsit pare aproape de necrezut: putem deosebi ca succesive două sunete identice — percepute fiecare de una din urechi — dacă între ele există un interval de numai două miimi de secundă! A cincisuta parte dintr-o secundă reprezintă un interval suficient între două fenomene pentru ca urechea noastră să le prindă separat!

Pentru tact e nevoie de un interval mai mare: cam o sutime de secundă. Dar și acesta este încă (veți fi de acord) extrem de mic.

Cît despre văz, acesta este cel mai leneș simț, cum de altfel s-a văzut și mai sus, cînd a fost vorba de aprecierea unor durate „pline". Văzul are nevoie de un interval de cel puțin o zecime de secundă între două aprinderi succesive ale unei lumini pentru ca cele două lumini să fie prinse separat. Altfel, ele se unesc într-o senzație unică și clipa în care lumina a fost stinsă nu mai este remarcată.

În aceste cazuri, simțul timpului s-a manifestat în legătură cu posibilitatea de a înregistra doar intervale foarte mici.

Dar o problemă și mai dificilă o constituie *reproducerea* exactă a unui interval dintre două semnale. Cu un instrument oarecare se produc, de pildă, două sunete la un interval anumit — să zicem de o secundă.

Noi trebuie să arătăm că am interpretat exact timpul scurs între cele două sunete, ciocănind de două ori în masă, cu respectarea aceluiași interval. Greșeala pe care o facem nu trece de 2—3% dar, prin exerciții speciale, finețea poate crește încă extrem de mult, erorile reducîndu-se în anumite cazuri pînă la 0,1%.

Și mai mare este finețea în înregistrarea și reproducerea exactă a intervalelor cînd este vorba de semnale repetate cu o frecvență constantă, cînd este vorba de reproducerea unui anumit ritm. Această finețe se manifestă în special în domeniul auzului muzical. În execuția muzicală contează nu numai precizia în producerea sunetelor cu înălțimea și intensitatea respectivă, ci și precizia care merge pînă la fracțiuni de sutimi și de miimi de secundă în respectarea intervalelor dintre sunete.

Extraordinara finețe de care dau dovadă simțurile noastre, mai ales auzul, în aprecierea timpului se pierde, însă, cînd e vorba de intervale mai mari, adică atunci cînd ieșim din limitele „prezentului".

Cînd e vorba să apreciem și să comparăm între ele durate mai lungi de o jumătate de oră, de o oră, de două ore etc., aprecierea noastră devine foarte nesigură. Totuși, încă și în asemenea cazuri, posibilitatea unei aprecieri aproximative a timpului se păstrează fără a apela la ajutorul unor instrumente sau repere naturale. Fără să mă uit la ceas și fără să mă pot bizui, de pildă, pe schimbarea gradului de lumină de afară, pot să-mi dau seama cu aproximație dacă a trecut mult, să zicem cîteva ore, sau a trecut puțin, 15—20 de minute, de la un anumit eveniment.

Pe măsură ce intervalul crește însă, aceste aprecieri subiective, bazate pe impresii proprii, devin din ce în ce mai nesigure. Un om închis în fundul unei mine, care n-ar putea să se bizuie pe succesiunea zilelor și a nopților, ar fi cu totul incapabil să aprecieze, după o zi, două, timpul scurs. Orele, zilele, lunile ar fi complet absorbite într-o curgere cenușie, monotonă și informă. În realitate însă, în mod obișnuit — indiferent de

împrejurări — noi ne bizuim puțin pe informația directă a simțurilor pentru aprecierea duratelor. Ceasul și calendarul măsoară pentru noi timpul.

Care sînt mijloacele de care dispune organismul pentru reflectarea duratelor? Un organ de simț al timpului, evident, nu avem.

Există însă o serie întreagă de procese biologice, fiziologice care se desfășoară în organismul nostru cu o anumită ritmicitate și care, deci, ar putea, prin confruntare, să ofere o măsură directă a timpului.

S-a crezut astfel că bătăile inimii, mișcările respiratorii, oscilațiile în presiunea sîngelui ar putea constitui asemenea pendule interne, prin ritmicitatea cu care se desfășoară. Dacă această ipoteză ar fi fost justă, ar fi trebuit însă ca atunci cînd, dintr-un motiv oarecare, frecvența acestor fenomene se schimbă, să se schimbe și aprecierea timpului. De exemplu, după ce am alergat cîteva minute, bătăile inimii se accelerează, devin mai repezi și, deci, intervalul dintre bătăi se scurtează. Aceasta ar însemna că însăși unitatea noastră de măsură a timpului să se scurteze. Într-un minut, inima bate de 60—70 de ori, cînd sîntem în stare de repaus. Dar după o cursă, frecvența se poate mări la 90—100 de bătăi pe minut și chiar mai mult. Dacă bătăile inimii ar juca într-adevăr rolul de pendul pentru măsurarea timpului, ar trebui, deci, ca, după ce am alergat un timp, să apreciem ca fiind un minut, un interval în realitate mai scurt. Cu un metru falsificat, avînd — să zicem — numai 90 de cm ni s-ar putea vinde o bucată de stofă de 4,5 metri drept o stofă de 5 metri.

În realitate, astfel de modificări în aprecierea timpului nu se constată atunci cînd, dintr-un motiv oarecare, frecvența acestor fenomene organice se schimbă.

Există însă alte procese interne care se pare că sînt mai strîns legate de aprecierea timpului. E vorba, în primul rînd, de procesele metabolice, adică de schimbările pe care le suferă substanțele introduse în

organism în cursul asimilării și dezasimilării lor. E vorba, în al doilea rînd, de viteza proceselor proprii ale sistemului nervos și mai ales de viteza de propagare a influxului nervos. Toate aceste procese vitale profunde constituie adevărate orologii de care dispune organismul pentru măsurarea timpului.

I. P. Pavlov a hrănit un cîine din jumătate în jumătate de oră. După ce a făcut de mai multe ori această operație, a oprit la un moment dat administrarea hranei. Totuși, după scurgerea intervalului de o jumătate de oră de la ultima hrănire, cîinele a început să saliveze și să caute mîncarea. Se formase un reflex condiționat la timp! Încheierea intervalului de treizeci de minute devenise un semnal care declanșa reacții alimentare, întocmai cum în alte experiențe aprinderea unui bec sau sunetul unui clopoțel dobîndise această funcțiune de semnal.

Scoarța cerebrală primește impulsuri, primește informații directe despre desfășurarea acestor procese vitale și ea poate astfel forma legături între anumite momente ale acestor procese și diferite întîmplări interesînd organismul. Periodicitatea proceselor biologice interne joacă numai rolul pendulului care, prin oscilațiile sale, permite diviziunea timpului în unități egale. Dar „citirea" timpului, valorificarea acestor ritmuri biologice pentru aprecierea duratei unor întîmplări din afara noastră, acest lucru îl realizează scoarța cerebrală prin funcția ei semnalizatoare.

Este interesant că asemenea experiențe, prin care se dovedește putința animalelor de a aprecia exact intervalele de timp, s-au putut realiza și la animalele nevertebrate. Un cercetător a dresat albinele să vină să caute siropul dulce din 3 în 3 ore sau din 6 în 6 ore. Eroarea pe care o făceau albinele nu era mai mare de cîteva minute.

S-a putut obține o dovadă importantă a faptului că aprecierea timpului se sprijină pe ritmul proceselor de metabolism, atunci cînd s-a văzut că viteza proceselor metabolice influențează aprecierea timpului.

Este un lucru cunoscut că viteza acestor procese vitale depinde de temperatura corpului. Pe măsură ce temperatura corpului crește, crește și viteza cu care se desfășoară în organism procesele metabolice. Aceasta, deoarece creșterea temperaturii intensifică fenomenele chimice care sînt la baza proceselor vitale.

Se înțelege, în condiții normale, la mamifere și mai ales la om, experiențe bazate pe modificarea temperaturii corpului nu se pot face, pentru simplul motiv că termoreglarea menține temperatura corpului constantă. Se pot, însă, folosi anumite situații speciale, cum este de pildă starea de febră. Ei bine, oamenii de știință (între alții Hoagland și Perkins, în 1935) au putut dovedi că ridicarea temperaturii corpului face să bată mai repede orologiile chimice ale organismului, ceea ce are ca urmare faptul că pentru persoana respectivă intervalele de timp se scurtează. Pus să ciocănească într-o cheie Morse, cu un ritm de o lovitură pe secundă, de pildă, omul va ciocăni mai repede sub influența ridicării temperaturii.

Cum spuneam, în condiții obișnuite însă, sîntem apărați de asemenea variații în aprecierea timpului datorită faptului că organismul nostru își menține temperatura constantă. Și mai clară apare, de aceea, influența temperaturii asupra aprecierii timpului la animalele poikiloterme, adică la animalele care n-au o temperatură a corpului constantă.

Experimentatorii care au dresat albinele să vină să-și caute sucul dulce din 3 în 3 ore, sau din 6 în 6 ore, au studiat și influența modificării temperaturii asupra comportării acestor insecte. Și s-a constatat că, într-adevăr, cînd era mai cald albinele soseau întotdeauna mai devreme și, cînd era mai frig, albinele soseau întotdeauna cu întîrziere la ospățul pregătit!

Dacă aprecierea subiectivă a timpului de către oameni nu este în general influențată de temperatură, ea este, în schimb, influențată de nenumărate alte împrejurări legate de viața și activitatea lor. Un ceas

de așteptare trece chinuitor de încet și pare o veșnicie. În schimb, ceasurile în care ne simțim fericiți, zboară, din păcate, ca clipele. Tot așa, cînd sîntem absorbiți de o activitate interesantă, nu ne dăm seama cînd trece timpul. În schimb, cînd facem un lucru plicticos, timpul pare că se lungește, că se întinde de parcă sfîrșitul ar fi necontenit amînat.

Dar, firește, nu ne lăsăm amăgiți de aceste impresii subiective. Ceasul își bate impasibil secundele, oferindu-ne imaginea nealterată a desfășurării timpului obiectiv.

INCHEIERE

Nu numai imagini de obiecte cu înfățișarea lor statornică sau schimbătoare izbutește creierul să reconstituie.

Viața și munca împreună, mijlocite de comunicarea prin limbaj, dau oamenilor posibilitatea să obțină o priveliște a lumii infinit mai cuprinzătoare.

Organizarea muncii în comun trebuie să fie însoțită neapărat și de o organizare, o unificare a impresiilor, a imaginilor despre lucrurile cu care oamenii au de-a face. Cunoașterea realității de către niște ființe care trăiesc și muncesc împreună — nu printr-o colaborare instinctivă, ca la furnici sau la albine, ci printr-o organizare intenționată — nu mai poate rămîne închisă într-o trăire strict subiectivă.

Limbajul dă posibilitatea impresiilor subiective, obținute de fiecare om în parte, să se destăinuiască, să iasă la lumină și le obligă să se înfrunte, să se compare și pînă la urmă să se pună de acord între ele.

Astfel, pornind de la cunoașterea nemijlocită prin simțuri, omul izbutește să se ridice pe o treaptă superioară de cunoaștere a lucrurilor și fenomenelor din lumea înconjurătoare.

Experiența societății, strînsă din contribuția a milioane și milioane de experiențe individuale, îi permite omului să obțină o priveliște mult mai bogată și mai cuprinzătoare asupra realității, din care să poată întrezări căile ce leagă între ele faptele, legile din întretăierea cărora ia naștere nesfîrșita varietate a lucrurilor și întîmplărilor concrete.

Omul își dă seama că în natură nu e totul numai varietate și surpriză. Între fenomene există anumite legături constante, astfel încît prezența unui fenomen aduce cu necesitate, după sine, un alt fenomen. Sub acțiunea căldurii, un corp anumit se poate topi, dacă e solid, sau transforma în vapori, dacă e lichid, transformarea avînd loc la aceeași temperatură, pentru anumite condiții date. Un corp este împins de jos în sus cu o forță egală cu greutatea volumului de lichid dislocuit. Indiferent de aspectul unui triunghi, suma unghiurilor sale trebuie să dea întotdeauna 180 de grade.

Din momentul în care omul descoperă că nesecata putere de creație și înnoire a naturii nu este un joc de capricii și că totul se supune de fapt unor anumite legi statornice, el scapă de sub tirania întîmplării oarbe.

Fenomenele naturii care au putut fi cuprinse într-o lege pot fi dirijate, pot fi produse după voie sau, cel puțin, prevăzute.

Construind o casă, constructorii nu procedează la întîmplare. Cunoscînd anumite legi ale rezistenței materialelor, ei știu dinainte la ce se pot aștepta din partea unei grinzi sau din partea unui planșeu de anumite dimensiuni.

Electricitatea există și în natură. Dar omul a cercetat și a aflat condițiile care pot da naștere electricității și această putere imensă care, sub forma fulgerelor, îi îngrozea odinioară pe oameni, a trebuit să se supună treptat voinței omului și să-i servească scopurile și trebuințele.

Nu putem schimba mersul lunii în jurul pămîntului sau al pămîntului în jurul soarelui, pentru că nu putem influența condițiile de care depind aceste fenomene. Dar cunoaștem legile care guvernează mișcarea acestor aștri și, de aceea, putem prevedea cu mare precizie poziția în care se vor afla la un moment dat peste zeci și sute de ani.

Reconstituind imaginile obiectelor și fenomenelor, creierul uman izbutește să descifreze și să reconstituie apoi relațiile generale și constante dintre aceste fenomene și chiar să întrevadă desfășurarea lor viitoare.

Această treaptă superioară de cunoaștere la care ajunge omul este *cunoașterea prin gîndire.*

E vorba de o altă cunoaștere a realității care o contrazice pe prima, *cunoașterea prin simțuri*? Nu. Izvorul oricăror cunoștințe rămîne „intuiirea vie", cum se exprimă Lenin. Dar „intuirea vie" cunoașterea prin simțuri, rămîne individuală, personală (chiar îndrumată și corectată de gîndire), în timp ce cunoașterea prin gîndire este, prin esența ei, socială, deci infinit mai cuprinzătoare.

Omul nu se mulțumește numai cu ceea ce simțurile sale îi oferă într-o oglindire nemijlocită. El tinde să explice, să înțeleagă, să treacă dincolo de imediat și actual. El vrea să știe și ce a fost (și nu mai este), ce este (dar simțurile sale nu pot ajunge), ce încă nu este (dar odată și odată va fi).

Omul ajunge să se preocupe și de sine însuși, de gîndurile și actele sale, de felul în care se desfășoară propriile sale relații cu mediul înconjurător.

Omul a vrut să se cunoască și să se înțeleagă pe sine, așa cum se străduiește să cunoască și să înțeleagă și celelalte fenomene ale naturii.

Și iată cum se naște dorința omului, nevoia omului de a cunoaște, de a înțelege propria sa cunoaștere.

Dacă dau drumul din mînă unui lucru pe care-l țineam, dacă împing dincolo de marginea mesei un lucru așezat pe ea, lucrul acesta, lipsit de sprijin, va cădea. Toți oamenii fac, din primele luni ale vieții, aceeași experiență. Nimeni nu se întreabă: *De ce* cade? Faptul pare așa de firesc, așa de la sine înțeles, încît nici o nedumerire, nici o întrebare nu încape. Cum să nu cadă, dacă nu stă pe nimic?

Dar iată că o minte genială, înfruntînd acest *firesc* desăvîrșit, îndrăznește să-și pună problema și s-o sus-

ţină: şi, totuşi, de ce cade? De ce nu rămîne pe loc, acolo unde i-am dat drumul?

Evidenţa se sparge şi omul de ştiinţă înţelege că între *a nu fi sprijinit* şi *a cădea*, trebuie să mai existe ceva din afară care să facă legătura. Un obiect nu e greu *prin sine*, nu cade *prin sine*, ci e greu şi cade ca urmare a acţiunii unei forţe: atracţia pămîntului. Atracţia aceasta care, de fapt, e atracţia reciprocă între obiect şi pămînt, se dovedeşte a fi manifestarea unei legi generale, valabile pentru orice fel de mase materiale: legea gravitaţiei universale.

Greutatea şi căderea corpurilor sînt din nou înţelese, dar nu ca evidente prin sine, ci prin întregirea şirului de fapte cu un fapt nou, prin raportarea la un fenomen mai general.

Acelaşi lucru se întîmplă şi cu cunoaşterea.

Creierul şi organele de simţ ne oferă, încă din primul an de viaţă, imagini ale obiectelor din lumea înconjurătoare, dar nu imagini ca imagini, ci imagini ca obiecte. Văd scaunul, văd masa, văd paharul, le pipăi, le ciocănesc, le aud. Totul pare perfect firesc, de la sine înţeles. Acolo e paharul, eu sînt aici. Ce întrebare ar fi de pus, ce nedumerire ar începea?

Ca şi în cazul căderii corpurilor nesprijinite, unde faptul nu-mi pare a cere, la început, nici un adaos, nici o întregire, tot aşa şi în cazul cunoaşterii, faptul că un lucru oarecare îmi apare existînd, mişcîndu-se în afara mea, nu cere, iniţial, nici o întregire, nici o explicaţie. Între faptul existenţei unui obiect oarecare din preajma mea — dulapul, masa, lampa etc. — şi faptul existenţei *pentru mine* a acestui obiect, eu nu simt la început nevoia să introduc ceva în plus, să introduc o explicaţie. Mai mult: nici nu-mi apar ca două fapte, ci ca unul singur, obiectul existînd în preajma mea: scaunul de colo, masa de dincolo etc. — şi atît.

Faptul că *eu* trebuie să intervin aici, *să văd*, *să aud*, să depun o anumită activitate pentru ca obiectul exis-

tent să dea naştere unei imagini pentru mine — rămîne la început ascuns.

Dar o serie întreagă de experienţe, făcute de zeci de ori de fiecare om în primii săi ani de viaţă, îi atrag atenţia că aici e vorba de două fapte între care *legătura* trebuie abia dezvăluită: *existenţa* obiectului — masa, scaunul, copacul etc. — şi *oglindirea* obiectului, cunoaşterea obiectului.

Obiectul poate să existe, dar să nu existe pentru mine: dacă stau cu ochii închişi, nu-l văd, dacă mi-astup urechile, nu-l aud. Pentru oamenii lipsiţi de un organ de simţ, anumite însuşiri nu apar niciodată: culoarea pentru orbi, sunetul pentru surzi etc. Dar pot să văd, să aud şi, totuşi, obiectul să nu existe: aceasta se întîmplă în vis, sau în halucinaţii.

Astfel, faptul *cunoaşterii* se detaşează, se desprinde şi se impune atenţiei.

Ce înseamnă „a cunoaşte"? Cum cunoaştem lumea? Putem găsi ceva mai general, mai cuprinzător, cu ajutorul căruia să explicăm cunoaşterea, aşa cum explicăm căderea corpurilor prin legea gravitaţiei sau fulgerele prin electricitatea atmosferică?

E posibil, oare, să găsim ceva mai cuprinzător din moment ce orice fapt oricît de general, la care vom încerca să raportăm cunoaşterea, este el însuşi supus cunoaşterii, trebuie să fi fost el însuşi întîi cunoscut? Nu sîntem sortiţi să ne învîrtim veşnic într-un cerc din care mintea noastră este incapabilă să iasă?

Nu, un asemenea cerc vicios e numai aparent. Pentru motivul simplu că oglindirea unui lucru nu e lucrul însuşi. Şi într-o oglindă poate să apară imaginea întregii camere în care oglinda se află, dar poate să apară şi propria ei imagine dacă aşezăm o altă oglindă în faţa celei dintîi. Pot să caut să înţeleg ce înseamnă a înţelege, să explic ce înseamnă a explica, să definesc operaţia de a defini, să gîndesc despre gîndire, să încerc să cunosc, să înţeleg şi să explic operaţia de a cunoaşte.

Care este fenomenul mai general care, în anumite condiții, dă naștere operației de cunoaștere, de oglindire subiectivă?

În istoria pămîntului, cîndva, un grăunte de substanță s-a pomenit rezistînd acțiunilor distrugătoare ale fenomenelor naturii. În cuprinsul acestui grăunte de substanță sau în relațiile sale cu mediul exterior, legile naturii nu încetau să funcționeze. Dar se petrecea ceva nou: grăuntele de substanță se opunea activ influențelor care l-ar fi distrus și îngloba activ în structura sa particule din afară, fără ca prin aceasta să-și schimbe propria sa structură. Acest grăunte de substanță se comporta ca o *unitate*, el se dovedea în stare să-și apere și să-și mențină această unitate. Era un grăunte de substanță vie.

Nu mai erau simple reacții mecanice ale unui corp la influențele din afară. Reacțiile depindeau de măsura în care serveau la menținerea integrității acestui grăunte de substanță.

Ele se distingeau deci printr-un caracter anticipativ. Ele tindeau spre obținerea unui rezultat, chiar dacă rezultatul nu se prezenta ca atare organismului viu.

Organismul viu se sustrăgea într-o măsură oarecare legilor naturii neînsufletite, nu pentru că le-ar fi putut desființa, dar pentru că le îngloba în combinații supuse unor legi noi : legile vieții.

Această anticipare permisă de modul caracteristic de a răspunde activ al organismului viu, de excitabilitate, era încă extrem de săracă și de aceea puțin operativă.

Dar, iată că la un moment dat, în istoria organismelor vii, se produce o nouă revoluție care mărește enorm puterea de acțiune a organismului viu asupra mediului din afară.

Comportamentul anticipativ al animalului se scindează în simțire propriu-zisă și în mișcare, în reacție propriu-zisă. Cînd asupra unui animal, înzestrat cu

sistem nervos, acţionează un lucru din afara sa, animalul va da răspunsul *după ce* a avut mai întîi imaginea acelui lucru şi pe baza acestei imagini.

Profitul pentru organismul viu este foarte mare. Animalul nu este silit să aştepte ca hrana să intre în contact direct cu corpul său pentru a o îngloba şi asimila — cum se întîmplă cu o amoebă sau cu un burete. Animalul nu suferă *întîi* acţiunea directă a unui excitant dăunător pentru a-şi lua măsuri de apărare. Obiectul util sau obiectul dăunător răspîndesc în jur, la distanţe mai mici sau mai mari, diferite influenţe, diferite forme de energie: lumină, căldură, vibraţii ale aerului sau ale apei, modificări chimice etc.

Animalul îşi poate descoperi hrana sau adăpostul de la distanţă, poate evita pericolul din vreme, dacă învaţă să răspundă acestor influenţe care vestesc de departe prezenţa obiectului. Răspunsul pe care organismul îl dă acestor semnale, cu ajutorul sistemului nervos, răspuns care nu angajează efectiv, ci numai anticipează răspunsul efectiv, dezvăluind însuşiri, distanţe, direcţii, constituie imaginea subiectivă.

La început e vorba numai de fenomene izolate: un fascicul de lumină, o influenţă chimică etc. care îndeplinesc această funcţiune de semnal al obiectului.

La animalele superioare, însă, această activitate de semnalizare se perfecţionează foarte mult, în sensul că semnalizarea nu mai este îndeplinită de o însuşire simplă — o culoare, un miros, un şir de vibraţii — insuficientă pentru a defini şi a individualiza obiectul, ci de un complex de însuşiri proprii obiectului şi care-l pot foarte bine defini şi individualiza.

Toată această activitate de semnalizare manifestată subiectiv, în simţirea animalului, sub formă de senzaţii (cînd e vorba de însuşiri simple), sau sub formă de percepţii (cînd e vorba de complexe de însuşiri) nu face, în esenţă, decît să lărgească extrem de mult caracterul anticipativ al comportării.

Percepînd cu ajutorul mesajelor luminoase, sonore, chimice, o însușire a obiectului sau obiectul întreg, animalul sau omul intră de fapt în stăpînirea unor informații extrem de prețioase despre ce ar urma să se întîmple dacă o întîlnire nemijlocită cu obiectul ar avea loc. Această anticipare, pe care o permite imaginea subiectivă, face ca răspunsul să poată fi, de aceea, mult mai folositor.

Nu reprezintă, așadar, cunoașterea, oglindirea subiectivă tocmai un anumit mod de realizare a anticipării prin procedeul semnalizării de care sînt capabile animalele cu sistem nervos?

Inainte ca organismul să fie pus în situația de a suferi anumite schimbări utile sau dăunătoare sub acțiunea nemijlocită a unui excitant (o arsură, o tăietură, asimilarea unei substanțe hrănitoare), sistemul nervos reacționează la o proprietate oarecare a excitantului sau la un grup de proprietăți care prin ele însele nu folosesc și nu dăunează.

Sînt modificări, sînt reacții care au loc în celulele nervoase ale regiunilor superioare ale sistemului nervos și a căror calitate esențială este aceea că nu se continuă nemijlocit printr-un anumit răspuns efectiv al organismului. Răspunsul efectiv care va fi dat depinde de semnificația pe care proprietatea aceasta — fără importanță biologică — a căpătat-o în urma experienței anterioare a omului sau animalului.

Se înțelege că această anticipare, această pregătire și mobilizare pe care o permite proprietatea sistemului nervos de a răspunde în schiță înainte de a determina un răspuns efectiv, se realizează cu atît mai bine cu cît sistemul nervos va reacționa mai diferențiat în raport cu diferențele obiective dintre excitanți. Dacă scoarța cerebrală va reacționa în același mod la lumină și la vibrații, atunci, se înțelege, semnalizarea nu se va mai desfășura cu folos, întrucît lumina și sunetul ar apărea ca fiind același semnal și, deci, cerînd același răspuns din partea organismului.

Cu cît sînt mai fin diferențiate reacțiile scoarței cerebrale în raport cu diferențele obiective, cu atît e mai mare varietatea și precizia excitanților care pot sluji drept semnale sigure ale unor anumite fenomene importante pentru organism.

În același timp însă, siguranța și precizia semnalizării depind și de capacitatea scoarței cerebrale de a grupa în unități reacțiile la însușiri care, și în realitate, sînt grupate sub formă de obiecte.

Toate acestea înseamnă că funcția de semnalizare nu se poate desfășura decît dacă sistemul nervos e în stare să reconstituie, să reproducă printr-o activitate de analiză și sinteză, din elemente de energie nervoasă, înfățișarea obiectelor întîlnite.

Această reconstituire a înfățișării obiectelor din elemente de energie nervoasă, realizată prin activitatea de analiză și de sinteză a creierului pentru a semnaliza din vreme efecte posibile ale unei întîlniri nemijlocite cu obiectul, noi o trăim sub formă de oglindire subiectivă. Funcția ei esențială, valoarea ei esențială este deci anticiparea, adică pregătirea, mobilizarea organismului în vederea unor acțiuni viitoare.

Cunoașterea, oglindirea subiectivă, nu este ceva de la sine înțeles, dar nu este nici un fenomen misterios și inexplicabil. Oglindirea subiectivă este o manifestare a vieții, un procedeu extrem de important prin care organismul viu își asigură existența și integritatea în relațiile sale cu mediul în permanentă schimbare.

Dar oglindirea subiectivă a fenomenelor obiective nu apare decît ca rezultat al unei îndelungate evoluții a speciilor de animale. Ea cere un montaj extrem de complicat avînd în primul rînd rolul de a pune în legătură celule receptoare și celule efectoare. E vorba de un sistem nervos țesut din neuroni și în care un centru superior poate primi mesaje și le poate înregistra, analiza, sorta, combina, pentru a ordona apoi un răspuns util, în baza unei informări de ansamblu asupra situației.

Însăși această capacitate de a reacționa în baza unor imagini prealabile se dezvoltă necontenit ca urmare a unor perfecționări succesive ale sistemului nervos și ca efect al unor condiții de viață mereu mai complicate.

Și iată că la stadiul *om* această capacitate de reflectare este din nou revoluționată: un nou principiu de semnalizare se introduce, produs al vieții sociale, dar și condiționînd în același timp viața socială. Este principiul semnalizării prin limbaj, prin cuvinte: semnale cu valoare generală create de experiența socială și oglindind această experiență.

Capacitatea de reflectare a realității, care la animale merge numai pînă la reflectarea obiectelor și fenomenelor așa cum se prezintă nemijlocit, se extinde la om asupra reflectării legilor care guvernează mișcările, transformările acestor obiecte și fenomene.

Datorită acestui fapt nu mai e vorba doar de un caracter anticipativ al comportării, de faptul că actele servesc la menținerea vieții.

Prin scoaterea la iveală a legilor, prin desprinderea lor din varietatea fenomenelor concrete, prin *cunoașterea* legilor naturii, însăși această capacitate de anticipare se desprinde, se detașează și devine un act relativ de sine stătător: capacitatea omului de a *prevedea* desfășurarea viitoare a fenomenelor, capacitatea de a-și propune un scop și de a acționa în vederea realizării acestui scop.

Astfel, actele omului capătă un sens de care el își dă seama. Omul devine *conștient* de lumea dimprejur și de sine însuși, de activitatea sa.

Adaptarea la condițiile realității nu mai constă, ca la animale, într-o simplă modificare a comportării în raport cu aceste condiții, ci într-o modificare a condițiilor în raport cu nevoile omului.

Natura cîștigă prin om o mare victorie împotriva propriei ei tiranii. Libertatea omului este nemăsurat mai mare decît a tuturor celorlalte viețuitoare.

Această victorie este rezultatul progresului imens al reflectării subiective (și, corespunzător, al puterii de acțiune), care izbutește să supună necesitatea însăși prin dezvăluirea legilor care o constituie.

Ajungem aici la o problemă gravă.

Dacă admitem că ceea ce constituie cunoașterea reprezintă produsul activității organelor de simț și al creierului, mai putem noi admite că ea reprezintă o adevărată oglindire a obiectelor și fenomenelor realității?

Mai putem noi admite că am aflat ce este lumina, ce este sunetul, care este adevărata înfățișare a lucrurilor din jurul nostru, știind că senzațiile, percepțiile, gîndurile noastre sînt produse, în esență, de procese nervoase de excitație și inhibiție care se desfășoară în propriul nostru creier și în propriile noastre organe de simț?

Nu e vorba, în fond, de două lumi radical deosebite, între care nici o comunicație adevărată nu poate avea loc — lumea simțirii și o lume din afară pe care niciodată nu vom ajunge s-o cunoaștem?

Unii dintre filozofii antichității credeau că din fiecare lucru emană părticele foarte fine de aceeași natură cu lucrul din care provin, pătrund în noi pe calea simțurilor și, punînd în mișcare părticele de aceeași natură aflate în organism, duc la formarea imaginilor.

Dar cercetările din epoca modernă au arătat că nici lumina, nici aerul, nici acțiunile mecanice etc. nu trec granița organelor de simț. Organele de simț — receptorii — mijlocesc contactul dintre aceste forme de energie și sistemul nervos, dar dincolo de receptori, în căile nervoase și în centrii nervoși nu mai călătoresc raze de lumină, vibrații ale aerului, șocuri mecanice, substanțe chimice.

Tuturor formelor de energie, sistemul nervos le răspunde în felul său, prin procesele nervoase de excitație și inhibiție.

Mai mult.

Senzaţia noastră nici nu depinde de excitantul care o produce, ci de receptorul asupra căruia acest excitant a acţionat.

Nu e nevoie să pun sare pe limbă ca să simt sărat: aceeaşi senzaţie o obţin atingînd limba cu un curent electric slab. Nu e nevoie neapărat de lumină ca să văd, ca să am senzaţii vizuale. Lovind uşor ochiul închis, îmi apar nişte pete luminoase. Ceea ce înseamnă că gustul, culoarea, lumina şi toate celelalte iau naştere în organul de simţ însuşi şi nu sînt decît puse în mişcare de excitantul exterior, fără însă să aibă ceva comun cu acesta. Acelaşi excitant, curentul electric de pildă, care îmi dă senzaţia de sărat cînd excită limba, îmi dă senzaţii vizuale cînd excită ochiul, senzaţii auditive cînd excită urechea, sau senzaţii de furnicare cînd excită pielea.

Dacă pentru a avea o anumită senzaţie e nevoie de un *anumit* organ de simţ (împreună, bineînţeles, cu calea aferentă şi centrul corespunzător din creier) dar nu şi de un *anumit* excitant — care poate fi oricare —, ce încredere mai putem noi acorda cunoaşterii noastre prin simţuri?

Nu sînt obligat să afirm că toate aceste imagini ale obiectelor şi fenomenelor din jurul meu, tot ce văd, aud, simt prin atingere etc., reprezintă nu imagini ale unor fapte din afara mea, ci doar produse ale propriilor mele simţuri?

Dar cercetările actuale dovedesc că nici organul de simţ nu este strict necesar pentru elaborarea senzaţiilor: e suficientă excitarea unor anumite puncte ale scoarţei cerebrale pentru ca senzaţiile să apară.

Şi atunci ce mai cunoaştem noi?

Nu au avut dreptate filozofii idealişti să afirme că încrederea noastră în obiectivitatea imaginilor pe care le avem despre lumea înconjurătoare, încrederea în adevărul cunoştinţelor noastre este o naivitate?

Masa din faţa mea, zgomotele pe care le aud din stradă, parfumul garoafelor aşezate lîngă mine în

glastră nu sînt toate, în fond, senzaţii, simţiri, adică rezultatul activităţii propriului meu creier?

Ceea ce cred a fi cunoaştere a obiectelor din afară, reflectare a obiectelor din afară, nu este de fapt cunoaştere, ci iluzia unei cunoaşteri, un joc de halucinaţii. Lucrul în sine, aşa cum este el cu adevărat, îmi va rămîne veşnic ascuns pentru că niciodată nu voi putea avea altceva decît o imagine produsă de propriul meu creier — chiar dacă fabricarea imaginii de către creier a fost declanşată de acţiunea obiectului din afară.

Să ne gîndim puţin.

Ceea ce credem noi a fi cunoaştere nu e cunoaştere. Nu e cunoaştere... în comparaţie cu ce? Cu cunoaşterea perfectă în care obiectul nu ni s-ar dezvălui prin intermediul simţurilor şi în limbajul simţurilor, ci direct, în întregime, prin ceea ce are propriu şi independent de simţuri?

Sezisezi, cititorule, naivitatea (ca să întrebuinţăm un eufemism) unei astfel de cerinţe? Lucrul în sine (nu ştiu cum e) să re-existe, să existe încă o dată în mine, pentru mine, dar nu simţit, nici gîndit (ca să nu-l alterez). Dumneata înţelegi ceva? Nu?

Ei bine, cred că e cazul să mărturisim împreună că nu e nimic de înţeles. Deoarece ni se cere, pentru a fi siguri că am ajuns la lucrul în sine, să cunoaştem fără să cunoaştem.

Sau poate, cel mult, ceea ce opune — în cazul cel mai bun, fără să-şi dea seama — filozoful idealist acestei cunoaşteri „imperfecte" prin simţuri este, în fond, reeditarea impresiei primitive a copilului cînd obiectul părea că se prezintă de la sine, integral, prin simplul fapt al existenţei sale — impresie care ignora total acţiunea obiectivului asupra persoanei şi răspunsul activ al persoanei implicate în cunoaştere.

Nu este, oare, tocmai această reprezentare naivă „lucrul în sine" după care suspină zadarnic filozoful idealist — lucrul cunoscut fără a fi cunoscut?

Nu amintesc toate acestea de omul care s-a apucat să dea deoparte, rînd pe rînd, foile unei cepe în dorința de a ajunge la ceapa însăși și care pînă la urmă, negăsind nimic, a exclamat surprins: „Astea sînt învelișurile. Dar unde e ceapa?“

Dar mai este ceva. Această filozofie care ne îndeamnă să negăm realitatea lucrurilor pe care le cunoaștem a fost îmbrățișată cu bucurie de cei care se tem de o dreaptă cunoaștere a lucrurilor de către oameni. De-a lungul secolelor, ideologii reprezentanți ai claselor exploatatoare au cultivat neîncetat ideea că omul nu trebuie să aibă încredere în simțurile sale, în puterea sa de cunoaștere. In felul acesta, ei sperau să-i convingă pe cei exploatați că totul — și nedreptatea și suferința — nu reprezintă decît un vis urît. Adevărul, pe acesta nu-l cunoaștem. Străduința de a schimba lumea este deci fără rost, fără sens.

Dar și pîrdalnica asta de vorbire care, de altfel, ne-aduce servicii imense în atîtea împrejurări, e de vină pentru că își permite uneori să glumească pe socoteala noastră. Poți suci vorbele cum vrei. Poți afirma, fără să-ți scrîntești limba, că partea e mai mare ca întregul, că un lucru e în același timp și mai mic și mai mare decît altul etc. Cine te împiedică? Poți spune că eu, Ionescu I., am trăit înaintea lui Tutankamon și poate chiar am fost învățătorul lui. Vorbele sînt docile. Nu e nici o mirare că le poți combina cum vrei. De mirare e, însă, cînd începe omul să se mire de ceea ce a obținut prin diversele sale combinații de cuvinte. „Partea e mai mare decît întregul? Nu se poate? Dar de ce nu se poate? De unde știu că nu se poate? Ce-ar fi, dacă s-ar putea?“

Tot așa e și cu povestea „lucrului în sine“, pe care au inventat-o filozofii idealiști.

Lumea din afară nu poate fi cunoscută, îmi rămîne necunoscută, afirmă filozofii idealiști, pentru că trebuie să mă mulțumesc cu propriile mele senzații, adică cu produse ale activității creierului meu.

Dar senzațiile și percepțiile nu sînt tocmai cunoaștere, însăși această cunoaștere? Sau e nevoie să se nască în mine un scaun sau poate chiar să mă transform eu în scaun, ca să afirm că am ajuns să cunosc scaunul din fața mea?

Sigur că senzația și percepția sînt trăiri *ale mele*, sînt stări *ale mele*, luînd naștere prin procese care au loc în sistemul *meu* nervos. Altfel cum ar putea fi vorba de cunoașterea de către *mine* a unui fapt oarecare?

Problema este dacă sistemul nervos izbutește să redea, să reconstituie din elemente de simțire, *imaginea lumii obiective*, diferențiind ceea ce este și în realitate calitativ sau cantitativ diferit, reunind ceea ce este și obiectiv reunit, semnalizînd distanțe și poziții, reconstruind în imagine ca mișcare și transformare ceea ce și obiectiv este mișcare și transformare. Iar răspunsul la această problemă este afirmativ.

*

* *

O celulă a scoarței cerebrale poate produce, fiind excitată, o anumită senzație. Tocmai aceasta este funcțiunea ei: să răspundă printr-o senzație anumită, de un anumit fel, în cazul cînd este excitată. Pentru a obține la pian un sunet de o anumită înălțime, trebuie să fie lovită o coardă anumită. Și invers: o coardă anumită, fiind lovită, nu produce decît un sunet de o anumită înălțime.

Este imposibil ca un om să aibă senzații de lumină, oricîtă lumină ar primi ochiul său, dacă nu există în creier celule care să poată răspunde prin senzațiile corespunzătoare.

Dar creierul nu intră direct în legătură cu lumea externă. Celulele sale sînt legate prin fibre, prin relee, de alte celule așezate la periferie.

Acestea din urmă nu pot da senzații. Nu au această capacitate și nici această atribuție. Dar ele au altă

capacitate și atribuție. Prin construcția lor, ele nu răspund decît unei anumite categorii de excitanți.

Luînd în mînă un bulgăre de sare nu simt *gustul* sărat, ci *atingerea* bulgărelui, pentru că celulele pielii sînt astfel construite încît să fie excitate mecanic și nu chimic.

Cu limba pot simți și atingerea și gustul, pentru că limba cuprinde și celule de atingere. Dacă asupra pielii cade un fascicul de lumină, celulele pielii nu răspund, nu sînt excitate. Dacă însă, asupra celulelor retinei cade un fascicul de lumină, în aceste celule încep să se producă schimbări chimice, deoarece ele conțin substanțe fotosensibile. Afară de aceasta: celulele care suportă acțiunile stimulenților sînt, în genere, grupate sub formă de organe de simț. Aceste organe de simț sînt astfel construite, încît permit și ajută pătrunderea numai a unor anumite influențe și nu a altora.

Celulele receptoare ale mirosului sînt așezate în mucoasa care căptușește interiorul nasului — deci în calea aerului inspirat și care transportă vaporii diferitelor substanțe.

Chiar dacă celulele organului lui Corti, din urechea internă, ar putea fi excitate și în alt mod decît prin vibrații, ele n-ar avea cum să primească, în condiții obișnuite, altfel de influențe. Întîi timpanul, apoi cavitatea în care organul lui Corti se află așezat, împiedică accesul luminii sau al unor substanțe chimice. Vibrațiile, însă, se transmit perfect. Iar pavilionul urechii externe constituie o pîlnie excelentă pentru strîngerea și dirijarea vibrațiilor spre timpan.

Corneea, cristalinul, umoarea apoasă, umoarea sticloasă nu sînt de loc potrivite pentru a lăsa să treacă vibrații. Acestea ar fi, fără îndoială, puternic amortizate. Dar lumina trece nestingherită, căci aceste medii sînt perfect transparente. Ochiul e astfel construit încît ansamblul razelor de lumină să fie proiectat pe membrana sensibilă care căptușește fundul ochiului,

cu reproducerea distribuției spațiale a punctelor obiectului din care razele au pornit.

Așadar totul este astfel construit încît, datorită naturii celulelor senzoriale ca și structurii organelor de simț în care sînt cuprinse, fiecare celulă sau grup de celule senzoriale să nu intre în acțiune decît sub influența unei anumite forme de energie, sub influența unui anumit stimulent.

Cum ajung la creier mesajele celulelor senzoriale? Fiecare celulă sau grup de celule senzoriale este „în corespondență" cu o celulă sau un grup de celule ale creierului. Celula senzorială excitată determină o succesiune rapidă de descărcări electrice negative — de influxuri nervoase — care, prin fibre speciale, ajung la celulele creierului pe care le activează.

O celulă senzorială nu poate decît să declanșeze sau să nu declanșeze activitatea celulei corespunzătoare din creier, întocmai cum, întorcînd comutatorul nu putem decît să aprindem becul cu care este în legătură, dar nu putem varia culoarea luminii. Dacă lumina va fi roșie, verde, albastră, albă, aceasta nu depinde decît de bec sau de abajur.

Dar nici nu e nevoie de mai mult pentru diferențierea excitanților, pentru simplul motiv că o celulă senzorială anumită, prin structura ei și prin așezarea ei într-un anumit organ de simț, nu este excitată decît de un stimul de o anumită calitate.

Nu există pericolul ca în prezența vibrațiilor aerului să intre în acțiune celulele vizuale ale creierului sau sub acțiunea luminii să intre în acțiune celulele gustative ale creierului. Celulele vizuale ale creierului nu vor răspunde decît acțiunii luminii, pentru că celulele senzoriale de care ele sînt deservite — celulele retinei — nu sînt impresionate decît de lumină.

Celulele auditive ale creierului nu vor răspunde decît acțiunii vibrațiilor aerului, pentru că celulele senzoriale de care ele sînt deservite — celulele organului lui Corti din urechea internă — nu sînt puse în acțiune decît de influența vibrațiilor aerului ș.a.m.d.

În felul acesta noi avem senzații diferite la excitanți diferiți, noi simțim diferit acțiunea unor forme de energie diferită: lumină, temperatură, acțiunea mecanică a atingerilor sau a vibrațiilor etc.

Dar specializarea merge mai departe. Noi nu distingem unele de altele numai lumini, sunete, apăsări, gusturi etc. Două fascicule de lumină pot diferi între ele prin ton cromatic (culoare), prin luminozitate. Două sunete simple pot diferi între ele prin înălțime, prin intensitate. Există, tot așa, gusturi diferite, mirosuri diferite.

Nu există numai celule specializate pentru recepționarea luminii, altele specializate pentru recepționarea sunetelor etc. Există chiar celule specializate pentru recepționarea luminii roșii, altele pentru recepționarea luminii verzi, altele pentru recepționarea luminii albastre. De mai mult nici nu e nevoie, pentru că din combinarea acestor culori se pot obține toate celelalte culori ale spectrului.

Există celule senzoriale ale auzului care, prin așezarea lor în dreptul unor anumite fibre ale membranei bazilare, sînt specializate în recepționarea sunetului *do*, altele pentru recepționarea sunetului *re* etc. Pentru toate sunetele din toate gamele, pe care urechea le distinge, există tot atîția receptori specializați.

Limba cuprinde celule specializate pentru amar, altele pentru dulce, altele pentru sărat, altele pentru acru. De mai mult nu e nevoie, pentru că toate gusturile sînt combinații ale acestor gusturi fundamentale.

Fiecare din aceste celule senzoriale specializate nu intră în acțiune și nu trimit mesaje creerului decît sub acțiunea — sau mai ales sub acțiunea — unui anumit stimulent.

Creierul lăsat numai pe seama lui — lipsit de ajutorul organelor de simț — n-ar servi la nimic. El nu este apt pentru a intra direct în comunicație cu lumea externă. El nu este apt să selecționeze singur excitațiile. Acest lucru îl realizează admirabil anexele sale,

organele de simț — care însă, singure, sînt incapabile să „simtă".

Datorită acestui aparat extrem de complex — sistemul nervos împreună cu organele de simț — noi „simțim" diferit sub acțiunea unor excitanți diferiți, cu alte cuvinte, noi avem posibilitatea să distingem prin simțirea noastră, prin senzațiile noastre, excitanții deosebiți ai lumii externe. Faptul că este, totuși, posibil ca excitanți diferiți să declanșeze, în *anumite* condiții speciale, activitatea acelorași analizatori și să dea naștere acelorași senzații — cum arată Johannes Müller — n-are absolut nici o importanță.

Fiecare celulă senzorială, în afară de faptul că prin construcția ei și prin așezarea ei într-un organ de simț este specializată în a fi acționată de un *anumit* stimulent, continuă să rămînă, totuși, o *celulă* supusă legilor biologice generale. Ea are viața ei, evoluția ei, fenomenele ei de metabolism. Și atunci e evident că și un stimulent oarecare, pentru care celula senzorială nu e specializată, va putea declanșa activitatea celulei, dacă trece de o anumită limită de intensitate. Acțiunea mecanică a apei turnată în urechi sau cea a unei lovituri aplicate pe ochi declanșează activitatea celulelor senzoriale dînd naștere senzațiilor auditive sau — respectiv — senzațiilor vizuale.

Curentul electric joacă rolul unui excitant general, în stare să pună în mișcare oricare dintre organele de simț. Aceasta datorită marii înrudiri între fenomenele nervoase — care sînt fenomene bio-electrice — și electricitate.

Mecanicul de locomotivă s-a specializat în a remarca diferite semnale luminoase care apar pe linie, în a urmări zgomotul mașinii sale etc. Aceasta înseamnă că toate aceste fenomene îi vor atrage îndeosebi atenția, vor fi remarcate îndeosebi, chiar dacă altor persoane nu le spun nimic. Dar aceasta nu înseamnă că mecanicul de locomotivă, rămînînd totuși *om*, va înceta să mai fie sensibil și la multe alte lucruri. O bubuitură îi va atrage și lui atenția ca oricărui om; însetat va

remarca imediat o fîntînă sau o cișmea. Toate acestea nu-l fac să fie mai puțin sensibil, mai puțin receptiv la semnalele care intră în sfera activității sale.

Așa se petrec lucrurile și cu specializarea celulelor senzoriale. Un excitant puternic sau un excitant — cum este cel electric — avînd o înrudire specială cu activitatea nervoasă pot declanșa activitatea celulelor senzoriale nespecializate pentru excitantul respectiv.

De aci nu rezultă decît că analizatorii nu sînt suficient de specializați pentru a elimina orice răspuns la acțiunea stimulenților pentru care nu sînt adaptați.

Dar practic, faptul acesta n-are nici o importanță. În condiții obișnuite analizatorii noștri intră în acțiune numai sub influența excitanților pentru care sînt specializați, adică, în *condiții obișnuite noi simțim diferit acțiunea unor excitanți diferiți*, oglindindu-i cu obiectivitate.

Dar nu este aceasta prima condiție a oricărei cunoașteri și recunoașteri? Ce putem spune despre un animal inferior care nu reacționează diferit la radiații de frecvență diferită? Că pentru el nu există culori, că el nu percepe culorile.

Întreaga evoluție de milioane și milioane de ani a organismelor vii dovedește un progres neîntrerupt al acestei capacități de diferențiere, de distingere a ceea ce și în mod obiectiv este distinct, al acestei capacități de a simți diferit sub acțiunea unor excitanți diferiți. De la o simplă reacție globală la un fascicul de lumină, cum întîlnim la amoebă sau la hidră — reacție care depinde (deși grosolan) de intensitatea și direcția fasciculului — se ajunge la vierme la o reacție mai promptă și mai precisă: întunericul înseamnă adăpost, iar lumina vie primejdie. Nu mai e vorba de o simplă tresărire, ci de fugă adevărată. Viermele „simte" lumina. Înainte de a se retrage, el se oprește brusc din mișcarea sa, parcă fascinat, apoi începe „replierea pe noi poziții".

Dar nici o deosebire nu se constată în mişcarea viermelui, atunci cînd fasciculul de lumină albă este înlocuit cu lumina verde, roşie etc. Aceste calităţi nu sînt încă simţite, cunoscute, deşi în mod obiectiv e vorba de fenomene ce diferă între ele.

La artropode lucrurile se schimbă. O îndelungată evoluţie a specializat celulele fotosensibile în raport cu lungimea de undă a radiaţiei. La început nu e vorba decît de două culori fundamentale: albastru şi galben (uneori roşu şi verde). Aceasta înseamnă că unele celule fotosensibile reacţionează *mai ales* la albastru, altele mai ales la galben. Nu înseamnă oare aceasta că animalul respectiv „simte" diferit cele două culori? Nu înseamnă aceasta că animalul respectiv posedă o mai bună reflectare, o mai bună cunoaştere a mesajelor luminoase? Desigur că da. Lumina ca „lucru în sine" devine, deci, treptat „lucru pentru animal" — într-o măsură din ce în ce mai mare şi tocmai datorită imensei utilităţi pe care o are lumina pentru viaţă, direct şi indirect (ca mesager).

La insectele superioare (albine, furnici etc.) sau la vertebrate apare o nouă specializare. Retina acestor animale cuprinde, în afară de celule cu o sensibilitate generală faţă de lumină (bastonaşele), trei categorii de celule ce reacţionează diferit la acţiunea a trei radiaţii fundamentale. În afară de celule specializate pentru radiaţiile albastre, există celule specializate pentru roşu şi altele specializate pentru verde.

Cu trei categorii de celule specializate, deci cu o vedere adaptată pentru trei culori fundamentale, sînt posibile mult mai multe combinaţii. Varietatea culorilor deosebite de către animalele superioare creşte, deci, prin aceasta foarte mult.

Existenţa în aparatul vizual a trei categorii de celule, specializate în raport cu lungimea de undă a radiaţiei, nu are ca efect tocmai un progres în capacitatea de a simţi distinct ceea ce este distinct şi în mod obiectiv? Nu reprezintă, deci, aceasta un progres în capacitatea de reflectare, de cunoaştere a lumii

obiective? Era nevoie, oare, pentru a putea vorbi de progres, ca în sistemul nervos al animalelor superioare să înceapă să circule raze de lumină?

Dar progresul nu a constat numai într-o creştere necontenită a capacităţii de diferenţiere calitativă şi cantitativă a excitanţilor prin diferenţierea şi specializarea necontenită a analizatorilor, a „aparatelor de simţit". Ceea ce este deosebit nu este întotdeauna şi despărţit. Acelaşi lucru poate avea efecte diferite asupra organismului şi poate răspîndi, la distanţă, influenţe diferite.

De la aceeaşi floare pot porni şi raze galbene, şi raze albastre, şi raze verzi. Dar floarea reprezintă pentru albină *un singur lucru* şi nu o aglomerare întîmplătoare de pete de lumină de diferite culori. Pentru ca albina să-şi poată găsi nectarul preferat, ea trebuie să recunoască *floarea*, nu culorile, adică *întregul*, nu părţile izolate.

Afară de creşterea capacităţii animalelor de a „simţi" diferit ceea ce şi obiectiv diferă, a crescut şi capacitatea lor de a reuni într-o imagine unitară ceea ce şi obiectiv *există unit*.

Creierul animalelor superioare (mai ales al mamiferelor) este în stare să reconstituie din milioane şi milioane de „firicele de simţire" imaginea globală a obiectului întîlnit.

Nu este o simplă alăturare de senzaţii aci. Exemplul fotografiei ne-ar înşela. Fotografia reproduce chipul prins de obiectivul aparatului fotografic numai prin aceea că pe fotografie apar *alături* puncte luminoase sau mai puţin luminoase în aceeaşi distribuţie spaţială ca şi pe original.

Dar pentru ca să *văd* chipul, pentru ca să am imaginea subiectivă a chipului unitar, trebuie ca şi în *simţirea mea* să se lege, să se unească ceea ce şi în afară este unit. Şi numai creierul animalelor superioare este în stare să reconstituie, din miile de mesaje sosite de la organele de simţ, imaginea integrală a obiectului.

Această creștere a capacității de unificare, de integrare a ceea ce și obiectiv este în mod constant unit nu reprezintă o creștere în capacitatea animalelor superioare și a omului de a cunoaște și a recunoaște obiectele?

Este nevoie, pentru a avea garanția că am dat peste lucrul în sine, ca obiectul perceput, așezat în afara mea, să se reconstituie *efectiv* în capul meu?

Filozoful rafinat, citind aceste rînduri, va zîmbi ironic și va declara: „Ce mod grosolan de a concepe „lucrul în sine"! Își închipuie, oare, cineva că obiectul poate fi reconstituit ca atare — din fier, din lemn, din cauciuc — în capul cuiva?"

Nu, evident că nimeni nu își închipuie că o asemenea operație ar fi posibilă!

Dar atunci, stimate filozof abstract, ce înțeles are opoziția dintre cunoașterea prin simțuri care, fiind *prin simțuri* este — după dumneata — falsă, și cunoașterea absolută, fără simțuri, pe care o dorești, dar n-o poți realiza? Ce înțeles are opoziția dintre o cunoaștere de către mine, prin mijloacele mele, și o cunoaștere pură, tot pentru mine, dar fără mine?

Totul în construcția analizatorilor este subordonat rolului de a reconstitui în mod cît mai complet și mai fidel imaginile obiectelor și fenomenelor din lumea înconjurătoare.

Ochiul a început prin a fi o simplă aglomerare de celule sensibile la lumină. A apărut mai tîrziu camera obscură, cu interiorul căptușit cu celule fotosensibile: cu un astfel de dispozitiv se obțineau informații nu numai despre intensitatea fasciculului de lumină, ci și despre direcția din care sosea acesta.

O cameră obscură cu o deschidere mică folosește și ca aparat de prins imagini. Dar rezultate mult mai bune se obțin dacă în locul unui simplu orificiu se află o lentilă. Apare cristalinul la viermii superiori, la moluște. La artropode natura a încercat alt procedeu, mai costisitor dar mai puțin eficace: ochiul compus. Mii, zeci de mii de ochi alăturați, amintind o

floare a soarelui, primind fiecare un fascicul îngust de lumină și trimițînd fiecare către creier informația despre cîte un punct al obiectului.

Pe linia de dezvoltare a vertebratelor este păstrat, însă, principiul ochiului cu retină și cristalin.

Treptat, natura rezolvă o serie de alte probleme: cum să se obțină o proiectare constantă a imaginii pe retină, fie că obiectul privit e aproape, fie că obiectul privit e departe? Două procedee principale sînt posibile și natura le-a încercat pe amîndouă: schimbarea distanței cristalinului de retină și schimbarea curburii cristalinului. La moluște, la vertebratele inferioare este folosit primul procedeu. La reptile și păsări le găsim pe amîndouă. La mamifere, natura se hotărăște numai pentru al doilea.

Dar și cantitatea de lumină care pătrunde în ochi trebuie reglată: un dispozitiv special destinat apare: este irisul, mușchiul ciliar, cu o deschidere variabilă.

Vibrațiile aerului sau ale apei pot fi de folos pentru a transporta mesaje despre obiecte depărtate.

Un aparat pentru recepționarea vibrațiilor este treptat construit, în milioane de ani de experiență. El nu reprezintă, la început, decît o adaptare și pentru această funcție a străvechiului aparat — statocistul — de înregistrare a schimbărilor de poziție ale corpului.

Peștii n-au decît grupul de cămăruțe format din utricălă, saculă și canalele semicirculare. Dar la batracieni apare membrana vibratoare (timpanul), membrană care nu mai folosește la înregistrarea schimbărilor de poziție ale corpului, ci doar la înregistrarea vibrațiilor. La reptile, la păsări, la mamifere, aparatul se perfecționează. Partea destinată a fi sediul celulelor sensibile ale auzului se dezvoltă și devine melcul. Timpanul nu mai este așezat la exterior, ci în fundul unui canal, iar la mamifere se adaugă o pîlnie specială — pavilionul — care strînge vibrațiile și, prin canalul auditiv, le dirijează spre timpan.

E vorba de o perfecționare reală sau de produsele unei imaginații exuberante care a construit la întîmplare aparate de diferite tipuri, pentru fabricat senzații?

E omul mai mult decît o amoebă, un vierme, o șopîrlă? În definitiv fiecare e liber să răspundă ce vrea. Ajungem la același lucru: limba nu se scrîntește și vorbele nu se răzvrătesc, oricum ar fi orînduite. Poți afirma că ești o amoebă în declin, că diavolul te-a pedepsit să porți creier, organe de simț, inimă, plămîni, stomac, brațe, picioare etc., cînd era mai comod să n-ai nimic din toate acestea și să-ți fabrici ad-hoc, după nevoie, brațe, picioare, cap, stomac etc.

Poți afirma că respingi, ca fanteziste, informațiile furnizate de ochi, de urechi, de nas etc. Poți afirma ce vrei. În realitate, însă, nimănui nu i-ar surîde ideea de a se transforma într-o amoebă și nici măcar într-o maimuță.

Pentru științele naturii este astăzi incontestabil că evoluția speciilor de animale are loc în sensul unei perfecționări permanente a organismului și a comportamentului.

Dacă organele de simț împreună cu creierul ar fi aparate de fabricat halucinații și nu mijloace de informare despre lumea externă, toate aceste perfecționări succesive nu ar fi cu desăvîrșire absurde? Nu e vorba de o creștere a capacității de oglindire a obiectelor și fenomenelor realității, a capacității de cunoaștere a realității care atinge la om gradul cel mai înalt? Ce anume e predestinat să rămînă veșnic necunoscut în calitate de „lucru în sine"? Răspunsul pe care-l dă filozoful idealist e acesta: „lucrul în sine"... Adică trei vorbe care, în acest caz, nu transportă nici un înțeles.

În anumite cazuri natura n-a ajuns la reflectarea unor fapte obiective cu ajutorul unui analizator anumit. Dar problema trebuia neapărat rezolvată, pentru

că era vorba de informații absolut necesare. Lucrul acesta se referă mai ales la însușirile spațiale.

Cum poate fi reconstituită, în percepție, imaginea tridimensională a obiectelor? Cum pot fi reconstituite de către creier, sub formă de percepții, relieful, volumul, adîncimea? O singură serie de informații nu ajunge pentru aceasta. O rază de lumină nu aduce nici o informație, despre distanța pe care a parcurs-o de la sursa ei pînă la ochi.

Singura informație directă o poate obține animalul prin propria sa mișcare. Efortul cheltuit măsoară nemijlocit distanța parcursă.

Dar o asemenea informație este inutilă, pentru că este primită după ce faptul e consumat. E ca și cînd un animal ar fi informat că ciupercile au fost otrăvite, după ce le-a mîncat.

Un singur fascicul de lumină nu poate informa asupra distanței de la care a pornit, dar două fascicule, pornite dintr-un același punct și călătorind în două direcții diferite, pot furniza această informație. E nevoie, însă, de două aparate de recepționare situate în două puncte deosebite ale spațiului. Diferența dintre imaginile obținute de cele două aparate de înregistrare poate informa asupra reliefului obiectului privit. Inclinația axelor celor două aparate de înregistrare îndreptate ambele spre același punct permite calculul distanței pînă la punctul respectiv.

N-au fost aceste probleme rezolvate în mod admirabil de vederea binoculară a animalelor superioare? Rezultatul se prezintă subiectiv, în simțire, în percepție, ca o impresie spațială concretă, impresia de relief, de depărtare, de adîncime. În această impresie se includ, într-o fuziune intimă, relieful — perceput, întîi, nemijlocit, prin pipăit — și distanța, nemijlocit parcursă inițial prin mișcare.

Pot să afirm că percepția spațiului este rezultatul unui joc de senzații produse de simțirea mea și asociate întîmplător?

Pot să afirm, desigur. Nici de astă dată nu mi se va întîmpla nimic. Dar dacă *practic* m-aș comporta ca și cînd distanțele ar fi cu adevărat doar produse ale simțirii mele, atunci, fără îndoială, că eu sau familia mea am avea ce regreta. N-ar fi de loc fericită ideea de a ieși din cameră folosind pentru aceasta fereastra (locuiesc la etajul III) și nici n-ar fi indicat să filozofez asupra realității obiective a spațiului, traversînd o stradă aglomerată.

Nu e în deplină concordanță cu toată activitatea mea, cu toată comportarea mea, afirmația că spațiul *există* în afara mea și independent de mine? Nu e mult mai concordant cu întreaga mea comportare să afirm că nu conștiința construiește spațiul din nimic, ci că spațiul existent în mod obiectiv a determinat un anumit mod de construcție și cooperare a analizatorilor în stare să-l reflecte?

Perceperea spațiului nu este, firește, spațiul însuși. Dar cum ar putea să fie? Spațiul *cunoscut* (prin văz, prin pipăit, prin auz) nu poate fi altceva decît ceea ce rezultă pentru mine sub formă de percepție, sub forma unui fapt de simțire, din activitatea conjugată a celor doi ochi, a celor două urechi, a mîinilor, dar sub acțiunea unor diferențe reale de depărtare și reconstituind, oglindind fidel aceste diferențe reale.

Lumina este un mesager minunat. Dar aparatul de recepționare — ochiul — este, înainte de toate, un aparat supus unor anumite legi fizice. Lumina furnizează ochiului informații schimbătoare despre același obiect, în raport cu distanța la care se află situat obiectul, în raport cu lumina pe care obiectul însuși o primește, și cu poziția în care e așezat. Imaginea proiectată pe retină a unui obiect neschimbător e cînd mai mare, cînd mai mică, cînd de o culoare, cînd de alta. Aceste informații variabile le primește creierul de la ochi. Și cu toate acestea, în simțirea mea, în percepția mea, obiectul apare *constant*, adică

așa cum este în realitate. Eu nu văd obiectul schimbîndu-și mărimea, culoarea, forma, cu toate că ochiul meu asemenea imagini schimbătoare trimite creierului. Și atunci ce rezultă de aici?

Dacă senzațiile mele, dacă imaginile mele ar fi născute din jocul spontan al simțirii, al proceselor care au loc în organele de simț și în creier, atunci de natura, forma, dimensiunea acestor imagini ar trebui să decidă organul de simț însuși.

Dar dacă organul de simț (sau mai corect: analizatorul) a apărut și s-a perfecționat, în istoria vieții, în așa fel încît să furnizeze organismului și activității sale informații cît mai exacte despre lumea înconjurătoare, ceea ce decide în ultimă instanță în privința imaginilor nu este analizatorul, ci *realitatea* însăși. *Concordanța* dintre această *oglindire* a lucrurilor obținută prin analizatori și *lucrurile* însăși — „lucrurile în sine" — omul a verificat-o de-a lungul întregii sale experiențe milenare, prin practica sa socială, în procesul satisfacerii nevoilor sale, în procesul de transformare a mediului înconjurător.

Dacă un analizator nu izbutește să reconstituie imaginea unui fapt obiectiv, imagine de care organismul are nevoie în activitatea sa, atunci se asociază doi-trei analizatori. Asocierea este comandată nu de interacțiuni întîmplătoare între analizatori, ci de faptul însuși care trebuie reflectat.

Dacă un analizator furnizează anumite informații viciate, datorită principiilor sale de funcționare, erorile sînt corectate prin cooperarea altor analizatori, apelîndu-se și la alte informații, și nu numai la informații prezente, ci și la experiența anterioară.

Și atunci cum aș mai putea să afirm că analizatorul *produce* imagini, *naște* imagini *din sine*, potrivit doar cu construcția sa, zgîndărit sau nu de „ceva" din afară, ceva ce rămîne necunoscut? Nu trebuie să admit că analizatorul este doar un *instrument* în slujba recon-

stituirii unor imagini cît mai corespunzătoare ale unor obiecte care, într-o măsură mai mică sau mai mare, interesează viața mea?

* * *

Cartea aceasta nu și-a propus să expună ansamblul problemelor privind cunoașterea omenească. N-am încercat decît să schițăm aspectele elementare ale acestei cunoașteri: cunoașterea nemijlocită, *prin simțuri*, a realității și care nu reprezintă decît izvorul cunoașterii umane.

Dar tocmai pentru că reprezintă izvorul din care se formează marele fluviu al cunoașterii, autenticitatea acestei cunoașteri reprezintă o chestiune fundamentală. Dacă informațiile furnizate de simțuri nu oglindesc realitatea însăși, ci sînt doar produse ale propriei simțiri, atunci nici cunoașterea prin gîndire, clădită pe temelia acestor informații, nu are mai multe șanse să iasă din temnița unei subiectivități absolute.

Informațiile furnizate de simțuri pot fi mărginite, sărace, sumare. Dar sînt ele cu adevărat *informații*? Simțurile, sub acțiunea obiectelor și fenomenelor, reconstituie, prin activitatea lor, *imaginea* adecvată a acestor obiecte și fenomene?

Am încercat să dovedim că nu poate fi vorba de o activitate spontană a analizatorilor, de *o creare* a imaginilor de către analizatori. Intreaga evoluție a sistemului nervos și a analizatorilor, întreaga funcționare a analizatorilor, pînă la ultimele amănunte, stau mărturie că totul în structura și activitatea lor este subordonat rolului de a reconstitui cît mai fidel imaginile obiectelor și fenomenelor din realitate.

Aceste imagini se cer neîncetat corectate, precizate, îmbogățite, pentru a servi cît mai bine *activității practice*. Dar însăși activitatea practică este cea care, prin succesele și insuccesele ei, corectează și perfecționează neîncetat cunoștințele despre realitate, în baza

cărora activitatea se desfășoară. Activitatea practică dă noi impulsuri cunoașterii, determinînd adîncirea și lărgirea cunoștințelor obținute.

Gîndirea nu reprezintă numai o formă superioară de oglindire capabilă să depășească enorm informațiile căpătate nemijlocit prin simțuri. Gîndirea — sintetizînd experiența individuală, dar mai ales pe cea socială — îndrumă neîncetat activitatea simțurilor de ale cărei rezultate ea însăși are tot timpul nevoie.

Și astfel, trecînd necontenit „de la intuirea vie la gîndirea abstractă și de la aceasta la practică" (Lenin), cunoașterea umană se poate înălța mereu mai sus în cucerirea adevărului.

CUPRINS

PARTEA ÎNTÎI: *Viața descifrează mesajele lumii* 7

În preistoria simțirii 9
Recepția și răspunsul se separă.... 15
Se naște senzația 24
Instinct și înțelepciune..... 40
Semnalizarea devine un principiu de bază al relațiilor cu mediul..... 52
Obiectele își dezvăluie existența.... 78
Din perspectiva umană..... 87

PARTEA A DOUA: *Instrumentele cunoașterii* 97

Probleme complicate 99
Informațiile pielii..... 110
Lumea suntelor: lumea vorbirii și a muzicii 149
Mesajele luminii 196
Gustul și mirosul..... 247
... Și propriul nostru corp..... 272

PARTEA A TREIA: *Cucerirea celei de a treia dimensiuni* 297

Trecutul și prezentul 298
Spațiul, ca relief și distanță 314
Informații schimbătoare, imagini stabile 352
Cum percepem mișcarea lucrurilor .. 379
Timpul 393

Incheiere 404

Nr. 1764
Redactor de carte : V. Diaconescu
Tehnoredactor : C. Guluță

Dat la cules 25.VII.958. Bun de tipar 15.XII.958. Tiraj 6.150 ex. Hîrtie semivelină de 65 gr. m.p. Coli de tipar 27,25. Coli de editură 21,2. Format 32/84×108. Com. editurii 2916. Ediția I. A. 03961. Pentru bibliotecile mici indicele de clasificare 57 (R)

Tiparul executat sub com. nr. 81062 de Combinatul Poligrafic Casa Scînteii „I. V. STALIN", Piața Scînteii nr. 1, București — R.P.R.

44

Lei 7,75